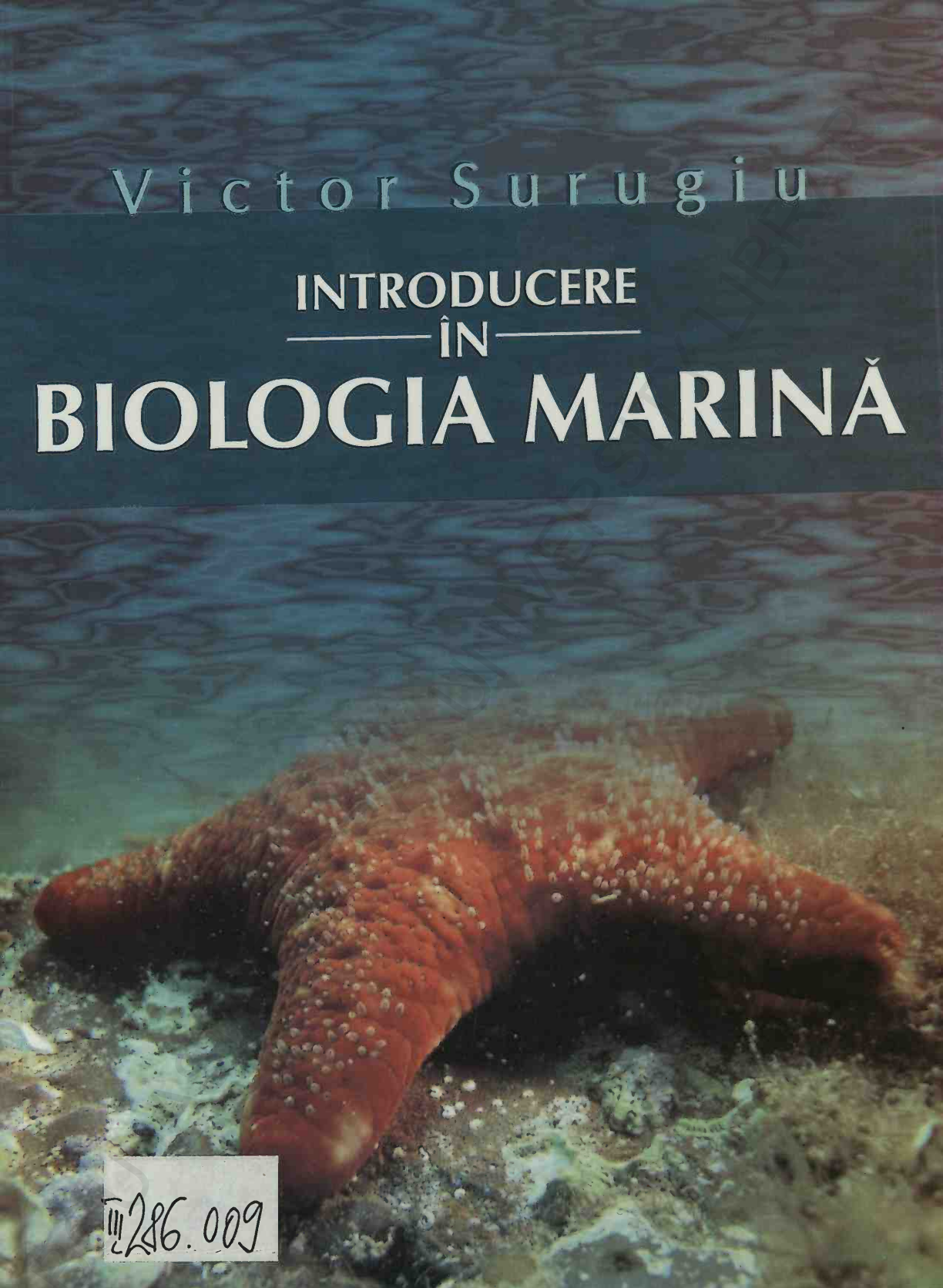
Victor Surugiu

INTRODUCERE ÎN BIOLOGIA MARINĂ



III 286.009

Editura Universității „Alexandru Ioan Cuza" Iași

BIBL. CENTR. UNIV.
„M. EMINESCU" IAŞI
II 286.009

BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Victor Surugiu

Introducere în biologia marină

BCU IAȘI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Grant CNCSIS de tip At nr. 164/2005

Referenţi:
prof. Gh. MUSTAŢĂ
prof. Marian-Traian GOMOIU

Redactor: Dana Lungu
Copertă: Manuela Oboroceanu

ISBN 973 – 703 – 111 – 3

© Editura Universităţii „Alexandru Ioan Cuza", 2005
700511 Iasi, str. Păcurari nr. 9, tel./fax: (0232) 314947

BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Victor Surugiu

194.794

Introducere în biologia marină

ALE

393955
B.C.U. IASI

EDITURA UNIVERSITĂȚII „ALEXANDRU IOAN CUZA“
IASI – 2005

BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Descrierea CIP a Bibliotecii Naţionale a României

Surugiu, Victor
Introducere în biologia marină /Victor Surugiu. - Iaşi: Editura Universităţii „Al.I.Cuza", 2005
Bibliogr.
ISBN 973-703-111-3

551.46.58
574.5(26)

25.MAI.2006

BCU IAŞI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Pentru Tudor

BCU IAȘI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

CUPRINS

PREFAȚĂ **11**

INTRODUCERE **13**

Obiectul de studiu şi scopurile biologiei marine 13
Istoricul dezvoltării biologiei marine pe plan mondial 14
Istoricul biologiei marine în România 17

CAPITOLUL 1. CARACTERISTICILE APELOR MARINE **19**

1.1. PROPRIETĂȚILE FIZICE 19
Vâscozitatea 19
Densitatea 19
Presiunea hidrostatică 20
Temperatura 20
Proprietățile optice 23
1.2. PROPRIETĂȚILE CHIMICE 26
Salinitatea 26
Substanțele anorganice dizolvate 29
Substanțele organice dizolvate 32
Gazele dizolvate 32

CAPITOLUL 2. ELEMENTE DE OCEANOGRAFIE **35**

2.1. RĂSPÂNDIREA OCEANELOR PE SUPRAFAȚA TERREI 35
Clasificarea mărilor 36
2.2. CONFIGURAȚIA RELIEFULUI SUBMARIN 37
Platforma continentală 38
Taluzul continental 38
Câmpiile abisale 38
Fosele abisale 39
2.3. CIRCULAȚIA MASELOR DE APĂ OCEANICĂ 39
Valurile 39
Curenții oceanici 43
Mareele 49
2.4. SEDIMENTELE MARINE 53
Sedimentele terigene 53
Sedimentele pelagice 53
Nodulii fero-manganoşi 56
2.5. DIVIZIUNILE BIOLOGICE ALE OCEANULUI 56
Domeniul pelagial 56
Domeniul bental 58

BCU "ALEXANDRU IOAN CUZA" UNIVERSITY LIBRARY

CAPITOLUL 3. COMUNITĂȚILE PELAGIALULUI 61

3.1. PLANCTONUL MARIN 61
Clasificarea planctonului 61
Adaptările planctonului 62
3.1.1. FITOPLANCTONUL MARIN 67
Compoziția fitoplanctonului marin 68
Factorii care determină variații ale abundenței și distribuției fitoplanctonului 70
Succesiunea sezonieră a fitoplanctonului 73
3.1.2. ZOOPLANCTONUL MARIN 74
Compoziția zooplanctonului marin 74
Distribuția spațială și temporală a zooplanctonului 80
Migrațiile verticale ale zooplanctonului 80
Rolul zooplanctonului în rețeaua trofică marină 82
3.2. NECTONUL MARIN 83
Compoziția nectonului marin 83
Adaptările nectonului 84
Repartiția spațială a nectonului 89
Migrațiile nectonului 90
Hrănirea nectonului 91
3.3. NEUSTONUL MARIN 93
3.4. PLEUSTONUL MARIN 94

CAPITOLUL 4. COMUNITĂȚILE BENTALULUI 97

Clasificarea bentosului 97
4.1. FITOBENTOSUL MARIN 106
Factorii care influențează răspândirea algelor macrofite 107
Zonarea algelor macrofite 109
Pădurile de varec 111
Pajiștile cu iarbă de mare 114
4.2. ZOOBENTOSUL MARIN 116
Factorii care influențează distribuția zoobentosului 116
Zonarea verticală a macrozoobentosului 120
Etajul supralitoral 121
Etajul eulitoral 122
Etajul sublitoral 125
Adaptările organismelor intertidale 132
Fauna interstițială 136

CAPITOLUL 5. ESTUARELE ȘI MLAȘTINILE SĂRATE 145

5.1. ESTUARELE 145
Factorii abiotici din estuare 146
Originea florei și faunei estuarelor 151
Comunitățile de organisme din estuare 153
Adaptările organismelor estuariene 153
5.2. MLAȘTINILE SĂRATE 155
Factorii abiotici din mlaștinile sărate 155
Comunitățile de organisme din mlaștinile sărate 155
Zonarea vegetației din mlaștinile sărate 156
Interacțiunile biologice din mlaștinile sărate 157

CAPITOLUL 6. COMUNITĂȚILE TROPICALE 159

6.1. PĂDURILE DE MANGROVE 159
Răspândirea pădurilor de mangrove 159
Adaptările plantelor de mangrove 161
Zonarea mangrovelor 162
Comunitățile de organisme din mangrove 164
6.2. RECIFELE DE CORALI 168
Distribuția recifelor și factorii limitativi ai creșterii lor 168
Tipuri de recife și originea lor 170
Structura și compoziția recifelor 173
Peștii recifelor de corali 177
Criptofauna recifelor de corali și bioeroziunea 179
Recifele Indo-Pacifice și recifele Atlantice 179
Interacțiunile biologice dintre specii și ecologia recifului 180
Productivitatea recifelor 184
Modificări catastrofice în cadrul recifelor de corali 185

CAPITOLUL 7. VIAȚA ÎN ADÂNCURILE MARINE 187

7.1. COMUNITĂȚILE ABISALE 187
Particularitățile condițiilor de mediu 188
Adaptările organismelor abisale 189
Comunitățile bentonice abisale 197
7.2. IZVOARELE HIDROTERMALE SUBMARINE 198
Originea și caracteristicile izvoarelor hidrotermale 199
Fauna izvoarelor hidrotermale 199
Microbiota izvoarelor hidrotermale și producția chemosintetică 200
Structura comunităților hidrotermale submarine 201
7.3. COMUNITĂȚILE PELAGICE ABISALE 201
Compoziția specifică și distribuția comunităților pelagice abisale 202
Hrănirea și reproducerea organismelor mezopelagice 203

CAPITOLUL 8. IMPACTUL UMAN ASUPRA MĂRII 205

8.1. RESURSELE BIOLOGICE ALE MĂRILOR ȘI OCEANELOR 205
Peștii 206
Mamiferele marine 208
Moluștele 209
Crustaceele 209
Algele marine 210
Alte animale 212
8.2. POLUAREA MEDIULUI MARIN 212
Poluarea cu produse petroliere 213
Poluarea cu substanțe organice și eutrofizarea 214
Agenții patogeni 217
Poluarea cu substanțe toxice 218
Poluarea radioactivă 220
Poluarea termică 221
Modificarea arealelor unor specii 221

BIBLIOGRAFIE 223

BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

PREFAȚĂ

Dacă ar fi să privim planeta noastră din cosmos, am observa că aproape trei sferturi ale suprafeței acesteia sunt acoperite de apele mărilor și oceanelor. Oare nu era mai firesc ca planeta noastră să se numească Ocean și nu Pământ? De altfel, datorită întinderii uriașe a oceanelor și mărilor lumii, Terra este denumită și „Planeta albastră".

Astăzi este o certitudine că primele forme de viață au apărut în apa mării acum peste 3,5 miliarde de ani. Din acest motiv se consideră că Oceanul Planetar reprezintă „leagănul vieții" pe Terra. Viața în Oceanul Planetar este prezentă de la suprafață până la cele mai mari adâncimi. Aici întâlnim cele mai mici și cele mai mari plante și animale.

Cu toate că, în prezent, în mări și oceane au fost identificate doar aproximativ 180.000 de specii, comparativ cu cele peste 1.500.000 de specii terestre cunoscute, putem aprecia că biodiversitatea mărilor și oceanelor este mai mare decât cea a uscatului și mai cu seamă decât cea a apelor continentale. Acest lucru se datorează faptului că speciile terestre aparțin unui număr redus de tipuri de organizare, în timp ce speciile marine au reprezentanți în aproape toți taxonii majori existenți. Astfel, din cele 33 de clase de plante, 15 au reprezentanți acvatici, din care 5 conțin numai forme marine. Din cele 63 de clase de animale, 60 au apărut în mediul acvatic, iar reprezentanții a 31 de clase sunt exclusiv marini. Posibil ca această cifră să fie mult mai mare, deoarece omul este abia la începuturile cunoașterii creaturilor marine.

Chiar dacă unele organisme în cursul evoluției lor au trecut la viața terestră, acestea nu au pierdut definitiv legătura cu Oceanul Planetar, păstrând o părticică din apa mării ancestrale sub forma mediului intern. Se crede că la cele mai evoluate organisme, inclusiv la om, compoziția electrolitică a lichidului interstițial este foarte apropiată de cea a oceanului cambrian. Această legătură intrinsecă ne face să fim fascinați de misterele „lumii tăcerii", de întinderea aparent nemărginită a oceanelor și mărilor și de tumultul valurilor care se sparg ritmic de țărm.

Dar mările și oceanele lumii au o însemnătate deosebită pentru om nu numai în ceea ce privește necesitățile spirituale, ci mai ales pentru unele cerințe materiale. Populația umană mereu crescândă privește din ce în ce mai des Oceanul Planetar drept o sursă de hrană, apa potabilă, materii prime și energie. Dar o exploatare rațională a „supercontinentului albastru" nu se poate face fără a cunoaște în prealabil resursele pe care acesta le ascunde.

Deși omul s-a aventurat în cunoașterea mării încă din zorii civilizației, cucerirea adâncurilor s-a făcut aproape simultan cu explorarea spațiului cosmic. Pare paradoxal, dar omul a pus piciorul pe Lună chiar înainte de explorarea văilor de rift ale dorsalelor medio-oceanice. Putem spune că era zborurilor cosmice este în același timp era cuceririi adâncurilor mării. De altfel, tehnicile și aparatura folosite în studiul mărilor și oceanelor se aseamănă oarecum cu cele din domeniul aero-spațial.

Fără echivoc, dintre toate aspectele legate de mare, interesul cel mai mare îl suscită viețuitoarele marine. Grăitor în acest sens este faptul că ediția cursului de biologie marină al profesorului dr. Gheorghe Mustață, apărută în 2001 la Iași, a fost foarte repede epuizată. De aceea a apărut necesitatea editării unei noi lucrări pentru cei care doresc să cunoască cât mai multe despre viața din mări și oceane.

În lucrarea de față am urmărit să sintetizez pe cât posibil cunoștințele cele mai recente din domeniul biologiei marine. Deoarece răspândirea organismelor marine are loc în strânsă dependență de factorii de mediu, în primele capitole au fost abordate proprietățile fizice și chimice ale apei marine și unele principii de oceanografie fizică și de geologie și geofizică marină. În capitolele următoare se trece la analiza celor două vaste domenii marine: pelagialul și bentalul. O atenție deosebită a fost acordată adaptărilor organismelor la condițiile și modul lor de viață, proceselor care au loc în coloana de apă și la nivelul sedimentelor și modului în care organismele interacționează cu mediul și între ele. Apoi sunt discutate pe rând cele mai studiate și cele mai spectaculoase habitate marine, cum ar fi estuarele, recifele de corali, sursele hidrotermale abisale etc. În final, sunt oferite informații asupra resurselor biologice ale oceanului și a intervențiilor nefaste ale omului.

BCU IAȘI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

INTRODUCERE

Obiectul de studiu şi scopurile biologiei marine

Biologia marină este o ramură a hidrobiologiei care se ocupă de studiul diversităţii vieţuitoarelor marine, al adaptării şi evoluţiei lor, de aspectele legate de ecologia şi etologia organismelor, de răspândirea lor geografică, de productivitatea biologică şi de exploatarea resurselor marine, precum şi de probleme legate de poluarea Oceanului Planetar.

Adesea, în literatura de specialitate pot fi întâlniţi şi termenii de *oceanologie* şi *oceanografie*. Noţiunile de „biologie marină" şi „oceanologie" sunt oarecum echivalente, cel din urmă fiind utilizat cu precădere de către cercetătorii ruşi şi francezi. Nu acelaşi lucru se poate spune despre oceanografie, termen care predomină în literatura anglo-saxonă. *Oceanografia* este un domeniu mai complex, care cuprinde totalitatea ştiinţelor care studiază mările şi oceanele Terrei din toate punctele de vedere – fizic, chimic, geologic şi biologic. De aceea, în cadrul oceanografiei s-au conturat patru direcţii majore de cercetare:

- *oceanografia fizică*, care abordează caracteristicile fizice ale apei, modul ei de formare şi schimburile de energie şi materie dintre ocean şi atmosferă;
- *oceanografia chimică*, ce studiază compoziţia şi proprietăţile chimice ale apei marine şi modul în care diversele reacţii chimice se desfăşoară în mări şi oceane;
- *geologia* şi *geofizica marină*, care se ocupă de studiul sedimentelor marine, al originii bazinelor oceanice şi al aspectelor structurale ale fundului oceanic;
- *oceanografia biologică*, ale cărei preocupări sunt cunoaşterea diversităţii şi distribuţiei vieţii în ocean şi relaţiile reciproce dintre organismele marine, precum şi interacţiunea acestora cu mediul oceanic. În acest sens, oceanografia biologică este sinonimă cu biologia marină.

Biologia marină este o ştiinţă de sinteză, care face apel la alte discipline conexe precum fizica, chimia, geografia, geologia, matematica, botanica şi zoologia sistematica, microbiologia, fiziologia plantelor şi animalelor, ecologia, biogeografia, etologia etc.

Acumularea vertiginoasă a cunoştinţelor de biologie marină din secolul trecut a permis diferenţierea unor direcţii de cercetare şi în sânul acesteia, dintre care cea mai importantă este ecologia marină. *Ecologia marină* studiază interacţiunile dintre organismele marine şi dintre acestea şi mediul lor înconjurător, precum şi efectele pe care le au aceste interacţiuni asupra distribuţiei şi abundenţei organismelor în Oceanul Planetar.

Principalul obiectiv al biologiei marine constă în înţelegerea principiilor care guvernează funcţionarea ecosistemului marin ca un întreg. O bună cunoaştere a economiei mării îi va permite omului o valorificare durabilă şi susţinută a resurselor marine. În ultima vreme, o importanţă deosebită a căpătat elucidarea modalităţilor de prevenire a poluării şi de protecţie a mediului marin.

Istoricul dezvoltării biologiei marine pe plan mondial

Deşi biologia marină este considerată o ştiinţă relativ tânără, începuturile ei trebuie căutate în negura vremurilor. Omul primitiv avea unele cunoştinţe empirice asupra unor fiinţe ce trăiau în mare, în special asupra acelora care erau întrebuinţate ca hrană. Mărturie în acest sens stau resturile de cochilii de moluşte marine găsite în preajma unor aşezări preistorice.

În antichitate, observaţii interesante asupra distribuţiei şi comportamentului unor organisme marine au fost consemnate în lucrările lui Aristotel (384-327 î.Hr.). Pliniu cel Bătrân (23-79 d.Hr.) face o sinteză a cunoştinţelor din antichitate asupra naturii în lucrarea *Naturalis historia* şi în care se regăsesc şi numeroase referiri la creaturile marine.

Un pas important în dezvoltarea biologiei marine a fost făcut în secolul XVIII, când numeroşi naturalişti au început să se ocupe de observarea şi clasificarea organismelor marine. Linné (1707-1778) a fost acela care a introdus în ştiinţă nomenclatura binară şi care a descris pentru prima oară sute de plante şi animale marine. Raporturile dintre diferitele grupuri de animale au fost mult clarificate de către biologul francez Georges Cuvier (1769-1832), care a propus un sistem de clasificare care a circulat multă vreme. Unul dintre pionierii biologiei marine a fost C.G. Ehrenberg (1795-1876), care a observat că multe dintre rocile silicioase de pe uscat pe care le studia erau compuse din scheletele unor organisme microscopice marine ca diatomeele şi radiolarii sau din spiculi de spongieri.

Secolul XIX marchează începutul epocii marilor expediţii oceanografice, în urma cărora biologia marină se conturează ca o ştiinţă de sine stătătoare. O serie de observaţii preţioase au fost făcute de Edward Forbes (1815-1854), care de la bordul navei „Beacon" efectuează studii asupra bentosului Mării Nordului, Mării Mediterane şi Mării Egee. El a constatat că numărul de organisme descreşte pe măsura creşterii adâncimii. Acest fapt l-a determinat să enunţe *teoria azoică*, potrivit căreia la adâncimi mai mari de 300 de fathomi (550 m) nu ar mai exista viaţă. De asemenea, Forbes a observat că diferite specii trăiesc numai la anumite adâncimi şi a presupus că răspândirea geografică a unei specii este cu atât mai mare cu cât zona de adâncime în care se întâlneşte este mai extinsă. În 1850 Michael Sars a infirmat justeţea teoriei azoice, descriind 19 specii colectate de la adâncimi mai mari de 300 fathomi. Acelaşi lucru îl fac biologii englezi W.B. Carpenter şi C. Wyville Thomson, care în urma expediţiilor ştiinţifice pe vasele „Lightning" şi „Porcupine" au scos de la mari adâncimi numeroase creaturi noi pentru ştiinţă.

Charles Darwin (1809-1881), care este cunoscut mai ales datorită teoriei sale privind selecţia naturală, aduce contribuţii foarte importante şi la dezvoltarea biologiei marine. Darwin, în calitate de tânăr naturalist, a efectuat între anii 1831-1836 o călătorie în jurul lumii la bordul navei „Beagle", colectând în timpul acesteia numeroase organisme marine. Lui Darwin îi aparţine *teoria subsidenţei*, care explică modul de formare a recifelor de corali. Mai târziu, Darwin se dedică studiului şi clasificării crustaceelor ciripede.

Expediţia în jurul lumii întreprinsă sub conducerea lui Carpenter şi Wyville Thomson la bordul corvetei cu abur „Challenger" (1872-1876) a reprezentat unul dintre progresele cele mai însemnate din domeniul oceanografiei biologice. În urma celor 133 de dragaje efectuate au fost descoperite peste 4700 de specii noi de vieţuitoare (câte 5 specii noi în fiecare zi a expediţiei!). Cantitatea de date colectate în urma expediţiei Challenger a fost imensă, astfel încât elaborarea rapoartelor expediţiei a durat 23 de ani, fiind publicate 50 de volume ce totalizau 29.500 de pagini.

Tot în timpul acestei expediții a fost dezlegat amuzantul mister „*Bathybius*", o ciudată substanță gelatinoasă descoperită în mâlurile calcaroase colectate de pe fundul mării și pe care unii o considerau drept o formă primitivă de viață. Chimistul J. Buchanan a constatat că *Bathybius* nu reprezenta altceva decât rezultatul interacțiunii dintre alcoolul în care se păstra materialul și proba colectată.

Studii remarcabile au fost făcute de J. Vaughan Thompson, unul dintre primii cercetători care au folosit un fileu pentru colectarea planctonului, de Johannes Müller și de Sir John Murray. În 1887 Victor Hensen introduce în știință termenul de *plancton*, pe care îl studiază asiduu în diverse zone ale Atlanticului. Ernst Haeckel este acela care în 1891 introduce în biologia marină o serie de termeni utilizați și astăzi ca *bentos*, *necton*, *neritic* etc. Acești pionieri ai cercetării oceanografice erau interesați mai ales de colectarea, descrierea și studierea organismelor.

O personalitate proeminentă a biologiei marine de pe continentul american este zoologul Alexander Agassiz. El a organizat și finanțat numeroase expediții în Oceanul Pacific la bordul navei de cercetări „Albatross" și care a adus contribuții importante la studiul recifelor de corali. La sfârșitul anilor 1870 Agassiz participă la trei expediții în Marea Caraibilor cu nava „Blake", în urma cărora au fost realizate numeroase dragaje de adâncime. Agassiz fost primul care a utilizat corzi de pian în locul frânghiilor pentru scufundarea utilajelor de prelevare a probelor. Asemănarea dintre fauna abisală a Mării Caraibilor cu cea din Pacific i-a sugerat ideea că în trecut exista o comunicare între cele două bazine. Pentru a aduna mai multe date care să confirme această supoziție, în 1891 Agassiz întreprinde special o expediție în partea pacifică a Istmului Panama.

Între anii 1885 și 1915, Prințul Albert I de Monaco organizează 28 de expediții științifice cu iahturile „Hirondelle" și „Princesse Alice I", în urma cărora au fost colectate probe din diverse puncte ale mărilor și oceanelor și descoperite numeroase specii noi. Prințul Albert fondează Institutul Oceanografic din Paris, iar în 1910 inaugurează Muzeul Oceanografic din Monaco, al cărui director a fost o vreme vestitul comandant Jacques-Yves Cousteau.

Urmează apoi expedițiile navelor germane „Gazelle" (1874-1876) și „Valdivia" (1888-1889), expedițiile franceze cu vasele „Travailleur" și „Talisman" (1880-1883) care au studiat Marea Mediterană și Atlanticul de Est, expediția navei rusești „Vitiaz" (1886-1889) care a explorat mările arctice. În apele antarctice, observații interesante asupra organismelor marine au fost realizate de către naturalistul român Emil Racoviță de la bordul vasului „Belgica" (1898-1902). În urma expediției vasului german de război „Meteor" (1925-1927), care a explorat Oceanul Atlantic de Sud, se stabilește corelația dintre concentrația de săruri nutritive și abundența fitoplanctonului. Epoca marilor expediții se încheie cu călătoria navei daneze „Galathea" (1950-1952) în timpul căreia au fost studiate marile adâncuri, cea mai relevantă descoperire fiind amfineurianul *Neopilina galatheae*, o adevărată fosila vie.

Un rol important în dezvoltarea biologiei marine l-a avut crearea unor laboratoare marine și instituții de cercetare de specialitate. Prima stațiune biologică marină de acest gen a fost înființată în 1871 la Sevastopol de către A.O. Kowalewski. În 1872 și-a început activitatea Stațiunea Zoologică din Napoli sub conducerea lui Anton Dohrn. În Franța Henri de Lacaze-Duthiers pune bazele Stațiunii Biologice de la Roscoff (1872) și ale Laboratorului Arago – Observatorul Oceanologic de la Banyuls-sur-Mer (1881). În 1888 în Anglia a fost întemeiat Laboratorul Marin din Plymouth. În 1900 în Germania ia naștere

Institutul für Meereskunde, ce ţinea de Universitatea din Berlin. În acest fel, pe la începutul secolului XX, staţiunile marine existau în majoritatea ţărilor europene.

Pe continentul american prima instituţie de cercetare marină a fost înfiinţată în 1876 la Hew-Port, urmată de Laboratorul de Biologie Marină de la Cape Cod, fondat în 1886. Pentru explorarea marilor adâncimi în 1912 a fost creat Institutul Oceanografic Scripps din La Jolla, California, iar în 1930 Institutul Oceanografic Woods Hole de la Cape Cod, Massachusetts.

La sfârşitul secolului XIX, datorită importanţei crescânde a pescuitului marin în economia mondială, cercetările de biologie marină iau amploare fără precedent. În afara studierii în interes comercial a unor specii de peşti, un mare accent s-a pus pe cunoaşterea biodiversităţii anumitor regiuni şi a influenţei factorilor de mediu asupra populaţiilor. Astfel, pe la începutul secolului XX s-au realizat progrese însemnate în înţelegerea relaţiilor intime dintre organisme şi mediul lor de viaţă. Primele cercetări de ecologie marină au fost efectuate de biologul danez C.G. Joh. Petersen (1909, 1918, 1924). În vederea aprecierii stocurilor de peşte din Marea Nordului, acesta a studiat bentosul din punct de vedere cantitativ cu ajutorul drăgii apucătoare inventate de el. Cam în aceeaşi perioadă, de studiul aprofundat al biocenozelor din Marea Neagră s-a ocupat S.A. Zernov (1913).

Cunoştinţele noastre asupra oceanului s-au lărgit considerabil în timpul celui de-al doilea război mondial şi al războiului rece, ca urmare a unor nevoi de ordin strategic: cartarea amănunţită a fundului marin, studiul curenţilor şi mareelor, cunoaşterea răspândirii gheţarilor, combaterea „vegetaţiei" de carenă (fouling-ului), cercetări de acustică submarină etc.

Interesul pentru oceanografie a fost puternic stimulat de dezvoltarea tehnicilor de scufundare. În 1943 Jacques-Yves Cousteau şi Emile Gagnan au inventat aparatul de respirat sub apă, oferind posibilitatea realizării unor observaţii directe şi întreprinderii unor experimente manipulative. Comandantul Cousteau a cutreierat la bordul vasului „Calypso" în lung şi-n lat apele tuturor oceanelor lumii. Interesante observaţii asupra recifelor de corali au fost realizate cu ajutorul scafandrului autonom de către cercetătorul Thomas Goreau.

Din a doua jumătate a secolului XX pentru explorarea adâncurilor au început să fie utilizate diferite tipuri de submersibile. În 1934 naturalistul William Beebe şi inginerul Ottis Barton au coborât în apropiere de Bermude până la adâncimea de 923 m într-o batisferă – o sferă metalică suspendată de un cablu gros de oţel. William Beebe a făcut primele observaţii directe asupra modului de pătrundere a luminii şi asupra organismelor din adâncuri. În 1948 batiscaful F.N.R.S. II, conceput de profesorul elveţian Auguste Piccard, realizează o scufundare la 1380 m adâncime. Următorul aparat, F.N.R.S. III, coboară până la 4050 m adâncime. În 1960 batiscaful „Trieste", avându-i la bord pe Jacques Piccard, fiul lui Auguste Piccard, şi pe americanul Don Walsh, a atins fundul celei mai adânci fose abisale, groapa Marianelor, reuşind o coborâre la adâncimea de 10.916 m.

Începând cu anii '70 utilizarea unor submarine de mare adâncime, construite dintr-un aliaj uşor şi rezistent, a permis fotografierea, filmarea şi colectarea vieţuitoarelor marine. Batisubmarine precum „Aluminaut" şi „Alvin" (S.U.A.), „Mir" (Rusia), „Galathea" (Danemarca), „Arhimede" şi „Cyana" (Franţa) şi „Jago" (Germania) au efectuat o serie de observaţii directe la adâncimi de peste 4000 m. Pentru eficientizarea observaţiilor submarine, în ultima vreme au fost proiectate numeroase minisubmersibile teleghidate sau ROV-uri (Remote Operated Vehicle). Acestea sunt dotate cu camere de luat vederi, aparate

de fotografiat, braţe articulate pentru prelevarea probelor şi senzori pentru măsurarea unor factori de mediu. R.O.V.-urile au fost folosite de către oceanograful american Robert D. Ballard pentru explorarea fundului oceanic. Cu ajutorul submersibilului „Alvin" Ballard şi John Corliss în 1977 au descoperit în Pacific, la o adâncime de 2,5 km, sursele hidrotermale submarine, iar în 1985 Ballard şi echipa sa au găsit şi au cercetat epava pachebotului „Titanic".

Istoricul biologiei marine în România

Temeliile biologiei marine româneşti au fost puse de către dr. Grigore Antipa (1867-1944). Acesta participă în 1893 la o călătorie de 9 luni în jurul Mării Negre la bordul crucişătorului „Elisabeta", în timpul căreia a fost colectat un bogat material constând din specii de peşti şi nevertebrate. Rezultatele acestei expediţii au fost valorificate pe deplin abia în 1941, odată cu publicarea lucrării cu caracter monografic *Marea Neagră*. În 1905 Antipa publică lucrări importante asupra clupeidelor şi acipenseridelor din Marea Neagră, iar în 1931 arată mecanismele care guvernează producţia de peşte din partea de nord-vest a Mării Negre.

În 1932 Gr. Antipa întemeiază Institutul Biooceanografic de la Mamaia (ulterior purtând numele de Staţiune Marină de Cercetări şi Proiectări Piscicole „Dr. Gr. Antipa") şi reorganizează Muzeul de Istorie Naturală din Bucureşti, care astăzi îi poartă numele.

În 1941 Gr. Antipa publică primul volum al lucrării monumentale *Marea Neagră* în care sunt sintetizate toate cunoştinţele vremii privind oceanografia, bionomia şi biologia generală a Mării Negre. Cel de-al doilea volum, consacrat faunei de peşti a Mării Negre, nu a apucat să vadă lumina zilei din cauza morţii autorului.

Contribuţii deosebit de importante la punerea bazelor biologiei marine din România au fost aduse şi de profesorul Ioan Borcea (1879-1936). Acesta, începând din anul 1924, iniţiază studiul sistematic al faunei bentonice a Mării Negre şi organizează câteva expediţii în dreptul coastelor româneşti şi bulgăreşti. Borcea abordează, de asemenea, studiul faunei de tip ponto-caspic din limanurile şi lagunele litorale, al migraţiei peştilor de-a lungul litoralului românesc şi aprofundează sistematica mugilidelor, clupeidelor, bleniidelor şi gobiidelor din Marea Neagră. În 1926 înfiinţează Staţiunea zoologică marină de la Agigea, prima staţiune biologică marină de la litoralul românesc al Mării Negre.

În 1925 România aderă oficial la Comisia Internaţională pentru Exploatarea Ştiinţifică a Mării Mediterane (C.I.E.S.M.M.), numind ca reprezentant al său pe prof. Emil Racoviţă.

Între anii 1933 şi 1934 Nicolae Gavrilescu şi Zinevici Popovici realizează cu concursul marinei militare o serie de expediţii în dreptul litoralului românesc al Mării Negre, în urma cărora s-au adus contribuţii la cunoaşterea factorilor fizico-chimici şi biologici ai mării.

În 1954, sub auspiciile Academiei Române, este înfiinţată Comisia de Hidrologie, Hidrobiologie şi Ihtiologie cu rol de coordonare a cercetărilor. În cadrul acestei comisii a fost creat un Laborator de Biologie Marină, condus de acad. dr. doc. Mihai Băcescu (1908-1999). Ulterior, laboratorul a intrat în componenţa Institutului de Biologie „Traian Săvulescu" din Bucureşti, fiind dotat din 1965 cu o navă destinată exclusiv cercetărilor ştiinţifice. Sub îndrumarea lui Băcescu se realizează studiul cantitativ al biocenozelor bentale de pe platforma continentală aferentă coastelor româneşti, colectându-se mii de probe de la mal până la 210 m adâncime. Băcescu iniţiază de asemenea studiul microfaunei,

datorită căruia numărul de nevertebrate cunoscute la litoralul românesc creşte de la 145 de specii, câte se cunoşteau în 1944, la 1369 de specii în 1971.

Academicianul Eugen Pora (1909-1981), profesor la Universitatea din Cluj, pune bazele ecofiziologiei marine experimentale din Marea Neagră. Studiind timp de mai mulţi ani comportamentul organismelor la variaţii de salinitate, Pora ajunge la concluzia că principalul factor care limitează răspândirea unor organisme mediteraneene în Marea Neagră nu îl constituie salinitatea globală, ci raporturile dintre diferiţi ioni din compoziţia apei marine. Acest lucru i-a permis să introducă în ştiinţă noţiunea de *rhopie*. De asemenea, E. Pora a participat în 1962 la o expediţiile întreprinsă în Oceanul Indian la bordul navei de cercetări sovietice „Vitiaz".

În 1960 Institutul de Cercetări Hidrotehnice al Comitetului de Stat al Apelor creează la Constanţa Staţiunea de Cercetări Oceanografice şi o staţiune de cercetări la Sulina. În anul 1961 la Agigea s-au ţinut cursurile MAMBO (Mediterranean Association of Marine Biology and Oceanography) cu participare internaţională, iar în 1966 la Bucureşti şi Constanţa a avut loc al XX-lea Congres al Comisiei Internaţionale pentru Exploatarea Ştiinţifică a Mării Mediterane.

În perioada postbelică, prin lucrările lor asupra unor grupuri de hidrobionţi, se remarcă o serie de cercetători precum Constantin Motaş (hidracarieni), prof. Radu Codreanu (turbelariate), Aurelia Cărăuşu (moluşte şi crustacee izopode), prof. dr. doc. Sergiu Cărăuşu (amfipode), Ludovic Rudescu (rotifere şi gastrotrichi), Petre Bănărescu, Teodor Nabant şi Ion Porumb (peşti osoşi şi cartilaginoşi), Maria Celan (alge macrofite), Nicolae Bodeanu (fitoplancton şi microfitobentos), Géza-Iuliu Müller (nemerţieni), Marian-Traian Gomoiu (bivalve psamobionte), Adriana Petran (zooplancton şi ciliate psamobionte), Mircea Tufescu (foraminifere), Hilarius Skolka (fitoplancton şi macroflora algală), Victoria Ţigănuş (fauna asociată algelor macrofite), Florica Vasiliu (microflora algală) etc.

În 1970 la Constanţa a fost înfiinţat Institutul Român de Cercetări Marine (astăzi Institutul Naţional de Cercetare-Dezvoltare Marină „Gr. Antipa") prin fuzionarea Staţiunii zoologice marine „Prof. Ioan Borcea" de la Agigea, a Staţiunii de Cercetări Marine a Institutului de Cercetări şi Proiectări Piscicole „Gr. Antipa" din Constanţa, a Laboratorului de Biologie Marină al Institutului de Biologie „Tr. Săvulescu" al Academiei Române şi a Staţiunii de Cercetări Oceanografice a Comitetului de Stat al Apelor. În 1990, Staţiunea Biologică Marină de la Agigea a revenit la Universitatea „Alexandru Ioan Cuza" din Iaşi.

Astăzi cercetările de biologie marină se desfăşoară şi în cadrul unor instituţii precum Institutul Naţional de Geologie şi Geoecologie Marină din Constanţa, Staţiunea Biologică Marină „Prof. Ioan Borcea" de la Agigea, Laboratorul de la Mangalia, Institutul Naţional de Cercetare-Dezvoltare Delta Dunării din Tulcea, Muzeul de Istorie Naturală „Gr. Antipa" din Bucureşti, Universitatea „Ovidius" din Constanţa şi Universitatea „Alexandru Ioan Cuza" din Iaşi.

Capitolul 1

CARACTERISTICILE APELOR MARINE

Apa este substanţa care înconjoară toate organismele marine. Apa, de asemenea, reprezintă o proporţie foarte însemnată a corpurilor tuturor plantelor şi animalelor marine şi este totodată mediul în care se desfăşoară diferitele reacţii chimice, atât în interiorul corpului organismelor vii, cât şi în afara lor. În felul acesta, pentru organismele marine apa este mediu, condiţie şi resursă de viaţă.

1.1. PROPRIETĂŢILE FIZICE

Vâscozitatea

Vâscozitatea apei oceanelor este invers proporţională cu temperatura şi direct proporţională cu salinitatea. Vâscozitatea joacă un rol important în circulaţia maselor de apă pe verticală. De asemenea, de vâscozitatea apei depinde consumul de energie pentru deplasarea organismelor nectonice şi rata de scufundare a organismelor planctonice.

Densitatea

Apa este de aproximativ 800 de ori mai densă decât aerul. Densitatea apelor marine variază, în funcţie de salinitate, temperatură şi presiune, între 1,02 şi 1,07 g/cm^3. La 20°C şi la presiune atmosferică, apa marină cu o salinitate de 35‰ are o densitate de 1,025.

Densitatea creşte aproape liniar cu creşterea salinităţii. Datorită evaporaţiei în apele de suprafaţă din zonele tropicale are loc o creştere a salinităţii, deci şi a densităţii. Prin urmare, apa mai densă de la suprafaţă coboară, locul acesteia fiind luat de apele mai puţin dense dedesubt. În lipsa unei circulaţii pe verticală în timp se poate instala o stratificare stabilă a apelor după densitate, aşa cum este cazul Mării Negre. Îndulcirea apelor marine ca urmare a aportului fluvial, a precipitaţiilor şi a topirii gheţarilor are ca efect scăderea densităţii. Astfel, în partea estică a Mării Baltice densitatea apei poate fi de 1,004, în timp ce în Marea Nordului, la aceeaşi temperatură, aceasta măsoară 1,026.

Densitatea apei scade pe măsura creşterii temperaturii. Ea este de 1,027 g/cm^3 la 0°C şi de 1,02588 g/cm^3 la 10°C. De aceea, în regiunile polare densitatea apelor este în jur de 1,027 g/cm^3, iar în zona tropicală de 1,022-1,024 g/cm^3.

Densitatea apei marine creşte şi cu adâncimea din cauza compresiunii adiabatice. La aceeaşi temperatură şi salinitate ea este de 1,0281 la 0 m, de 1,0286 la 100 m, de 1,0326 la 1000 m, de 1,0511 la 5000 m şi de 1,0776 la 10.000 m.

Deoarece în mediul marin variaţiile de temperatură sunt mult mai însemnate decât cele de salinitate, densitatea apei este influenţată cel mai puternic de către temperatură. Modificările bruşte ale temperaturii de la suprafaţa apei induc apariţia unei zone în care densitatea se schimbă brusc odată cu adâncimea. Această zonă poartă numele de *picnoclină* şi se comportă asemenea unui „fund fals".

Presiunea hidrostatică

Spre deosebire de organismele terestre, care sunt supuse doar acţiunii *presiunii atmosferice*[1], organismele marine trebuie să reziste şi acţiunii presiunii hidrostatice. *Presiunea hidrostatică* reprezintă presiunea exercitată de o coloană de apă aflată deasupra unui corp scufundat datorită atracţiei gravitaţionale. Presiunea hidrostatică creşte cu aproximativ 1 atmosferă sau 1,033 kg/cm^2 la fiecare 10 m adâncime. Astfel, la o adâncime de 10.000 m coloana de apă de deasupra realizează o presiune de 1000 atmosfere sau de 1030 kg/cm^2. Deoarece apa este foarte puţin compresibilă, organismele care nu conţin spaţii pline cu gaze pot suporta astfel de presiuni uriaşe. Presiunea hidrostatică are efecte semnificative asupra proceselor fiziologice şi biochimice ale organismelor care trăiesc la adâncimi mari.

Temperatura

Temperatura apelor marine constituie factorul determinant pentru desfăşurarea vieţii în cuprinsul Oceanului Planetar. Având o *căldură specifică*[2] mare (de 100 de ori mai mare decât cea a aerului), apele mărilor şi oceanelor pot înmagazina lent cantităţi uriaşe de căldură, pe care le degajă apoi treptat, fără variaţii prea mari ale temperaturii.

Încălzirea suprafeţei oceanice este rezultatul unui complex de factori, cum ar fi: (1) absorbţia radiaţiilor solare şi cosmice, (2) energia calorică a atmosferei, (3) condensarea vaporilor de apă, (4) căldura internă a globului şi activitatea vulcanică. Răcirea apelor marine se datorează următoarelor procese: (1) radiaţiei care se reflectă în atmosferă de la suprafaţa apelor oceanice, (2) conducţiei căldurii direct în atmosferă şi (3) evaporaţiei.

Datorită curenţilor verticali de convecţie, valurilor şi mareelor se creează un schimb permanent între apele de suprafaţă şi cele de adâncime.

Deoarece cantitatea de energie solară primită pe unitatea de suprafaţă diferă între zonele intertropicale, temperate şi cele polare, temperatura apelor de suprafaţă este strâns legată de latitudine şi anotimpuri. Cele mai ridicate valori termice medii anuale nu se întâlnesc chiar în apele ecuatoriale, ci în apele tropicale. Apele din emisfera nordică sunt mai calde decât cele din emisfera sudică datorită influenţei calotei de gheaţă antarctice (fig. 1.1).

O influenţă deosebită asupra temperaturii apelor de la suprafaţa mărilor şi oceanelor o au curenţii oceanici – calzi sau reci – ce modifică repartiţia temperaturilor medii anuale, făcând ca izotermele să nu coincidă cu paralelele (vezi Circulaţia activată de

---

[1] *Presiunea atmosferică* sau *presiunea barometrică* este presiunea exercitată de coloana de aer într-un punct dat (1 Ata = 760 mm col Hg = 1,013 bari = 1,033 At).

[2] *Căldura specifică* reprezintă cantitatea de căldură necesară pentru a ridica temperatura 1 g de substanţă cu 1°C (cal/g/°C).

vânt, Capitolul 2). Din această cauză, apele țărmurilor răsăritene ale Atlanticului de Nord și ale Pacificului de Nord sunt mai calde decât apele țărmurilor apusene ale celor două oceane.

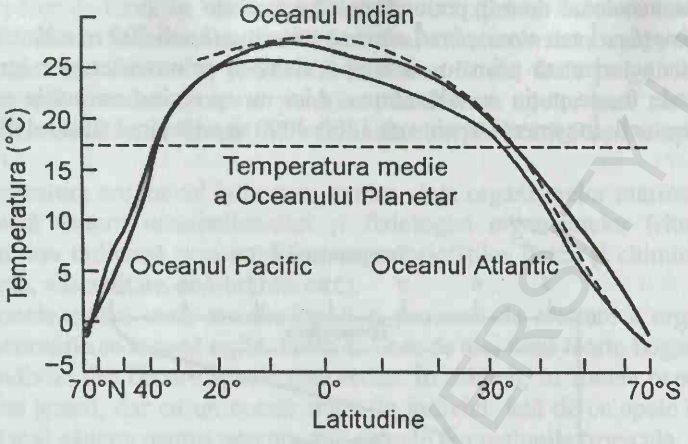


Figura 1.1 Variația temperaturii apelor de suprafață ale oceanelor Atlantic, Pacific și Indian în funcție de latitudine (după Anikouchine și Sternberg, 1973, din Levinton, 1995)

În general, pentru viața organismelor ce trăiesc la suprafața mărilor, un rol deosebit îl au temperaturile extreme și mai puțin media anuală a valorilor termice. Variațiile sezoniere ale temperaturii se resimt până la aproximativ 200 m adâncime. Temperaturile extreme de la suprafața Oceanului Planetar oscilează între –2°C în apele polare în timpul iernii și 35°C în Golful Persic în cursul verii. Diferențele reduse ale temperaturii apelor de suprafață, de cel mult 4-5°C între cele două anotimpuri extreme ale anului, sunt prielnice organismelor *stenoterme*[3]. Amplitudinea temperaturii la suprafață poate fi de 8°C în Marea Mânecii (9°C în februarie și 17°C în august), de peste 10°C în Marea Mediterană (12°C în februarie și 25°C în august) și chiar de 27°C în Marea Neagră (–1,3°C în februarie și 26°C în august).

Variațiile termice diurne se resimt numai în păturile superficiale și nu depășesc de regulă 2-3°C, exceptând zonele din imediata apropiere a plajelor, unde diferențele termice de la zi la noapte pot atinge chiar 5-6°C.

Pe verticală masa apelor oceanice prezintă trei straturi termice distincte (fig. 1.2):

1) *termosfera*[4] sau *troposfera*[5] *marină*, ce poate atinge o grosime maximă de 500 m. Această zonă prezintă curenți verticali și orizontali; aici se înregistrează o scădere progresivă a temperaturii cu adâncimea (de aproape 2°C la fiecare 100 m) și au loc oscilații sezoniere și chiar diurne ale temperaturii apei.

[3] *stenos* (gr.) = strâmt, îngust; *thérme* = căldură
[4] *thérme* (gr.) = căldură; *sphária* = sferă
[5] *tropé* (gr.) = schimbare; *sphária* = sferă

2) *termoclina*[6] sau *pătură saltului termic* este zona de discontinuitate în care temperatura apei scade brusc odată cu creşterea adâncimii. Grosimea termoclinei depinde de zona geografică şi variază între 50 şi 300 m. În apele tropicale termoclina este permanentă şi se află mai aproape de suprafaţă, iar în cele polare este practic absentă. În regiunile temperate în straturile de la suprafaţă există şi o *termoclină temporară* sau *sezonieră*, care se instalează doar în perioada caldă a anului.

3) *psichrosfera*[7] sau *stratosfera*[8] *marină* este situată sub 500 m adâncime. Masa de apă de aici se caracterizează printr-o circulaţie slabă şi printr-o temperatură scăzută şi uniformă, ce scade foarte puţin cu adâncimea. Aici nu se resimt variaţiile sezoniere sau anuale ale temperaturii. În general, apele sub 3000-4000 m adâncime sunt relativ izoterme.

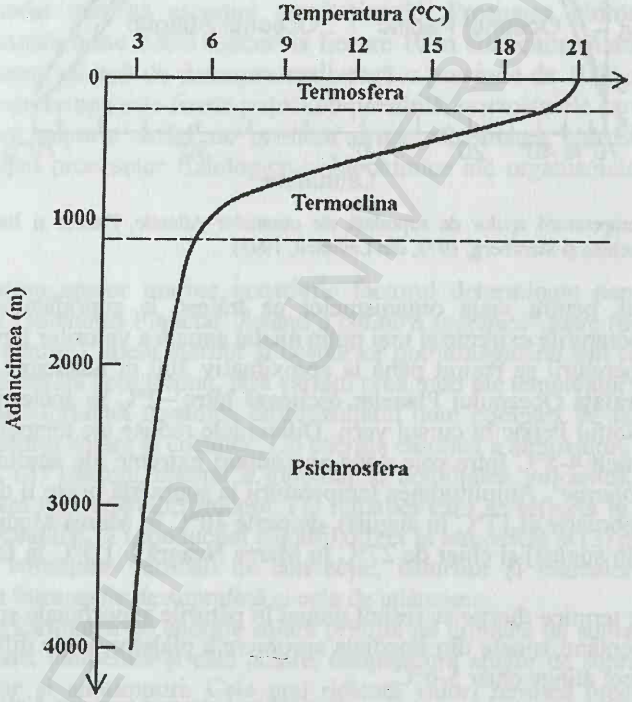


Figura 1.2 Variaţia temperaturii în funcţie de adâncime (după Ingmanson şi Wallace, 1973, din Nybakken, 1988)

În urma măsurătorilor efectuate asupra apelor profunde s-a constatat o uşoară creştere a temperaturii cu adâncimea datorită compresiunii adiabatice a apei. Astfel, în Oceanul Îngheţat de Nord, la 2900 m adâncime temperatura măsurată a fost de −0,81°C, iar

[6] *thérme* (gr.) = căldură; *klíno* = a se modifica
[7] *psychrós* (gr.) = frig; *sphária* = sferă
[8] *stratum* (lat.) = strat; *sphária* (gr.) = sferă

la 3800 m de −0,69°C. În mod similar, în fosa Filipinelor la 3500 m s-a înregistrat o temperatură de 1,58°C, în timp ce la 10.035 m aceasta a fost de 2,48°C.

Mările care sunt separate de oceane prin praguri submerse înalte prezintă o distribuție a temperaturilor pe verticală oarecum diferită. Astfel, Marea Mediterană, datorită pragului Gibraltar ce se ridică până la 360 m sub nivelul mării, se caracterizează printr-o *izotermie*[9] a apelor de fund. În Mediterana temperatura apei nu coboară sub 13°C, în timp ce în Oceanul Atlantic învecinat la o adâncime similară temperatura apei poate fi de numai 2°C. Un fenomen asemănător se petrece și în Marea Roșie, unde pragul Bab-el-Mandeb, situat la 60 m sub nivelul apei, nu permite pătrunderea apelor mai reci de pe fundul Oceanului Indian. Astfel nici la cele mai mari adâncimi ale Mării Roșii temperatura apei nu scade sub 21°C.

Temperatura are un rol important pentru viața organismelor marine. Ea exercită o influență directă asupra metabolismului și fiziologiei organismelor (ritmuri anuale și diurne), dar și una indirectă prin modificarea proprietăților fizice și chimice ale mediului marin (densitate, vâscozitate, solubilitate etc.).

În zonele calde, unde metabolismul și procesul de creștere a organismelor sunt accelerate, generațiile se succed rapid, fauna și flora de aici fiind foarte bogată în specii, dar numărul de indivizi din fiecare specie este redus. În schimb, în zonele oceanice reci vom găsi mai puține specii, dar cu un număr mare de indivizi. Iată de ce apele din zonele mai reci sunt mult mai căutate pentru pescuit, față de cele din regiunile tropicale.

Proprietățile optice

Lumina solară exercită o influență deosebită asupra vieții din Oceanul Planetar. Lumina furnizează energia necesară pentru realizarea fotosintezei de către plante și acționează asupra organismelor planctonice prin inducerea fototactismului. Gradul de iluminare influențează distribuția vieții și intensitatea desfășurării proceselor biologice în general.

Cantitatea de lumină din apă depinde de o serie de factori, cum ar fi reflexia luminii de la suprafața apei, absorbția luminii de către moleculele de apă și transformarea ei în căldură, lungimea de undă a radiațiilor luminoase, reflexia, absorbția și difuzia dată de particulele aflate în suspensie, transparență, latitudine și sezon.

Luminozitatea este influențată de o serie de factori meteorologici chiar înainte ca aceasta să ajungă la suprafața apei. Astfel, nebulozitatea sau impuritățile din atmosferă reduc mult din valoarea fluxului luminos incident.

Din radiația solară ce ajunge la suprafața mărilor și oceanelor numai o anumită parte pătrunde în apă, cealaltă fiind reflectată de luciul apei (*reflexia luminii*). Cantitatea de lumină reflectată depinde de unghiul de incidență al razelor solare și de gradul de agitație a mării. Cu cât unghiul de incidență este mai mare, cu atât se va reflecta o cantitate mai mare de radiații, deci cu atât mai puține radiații vor pătrunde în apă. De exemplu, când înălțimea Soarelui la orizont este de 5°, cam 40% din radiațiile solare sunt reflectate, iar atunci când Soarele este în zenit, în apă pătrunde cantitatea maximă de lumină, radiațiile reflectate constituind aproximativ 3% din valoarea radiației incidente. De asemenea, când suprafața mării este liniștită, se reflectă 5% din radiația incidentă, iar pe timp de furtună se reflectă până la 30% din lumina incidentă.

[9] *ísos* (gr.) = egal; *thérme* = căldură

Din cauza diferenţelor de densitate dintre mediul aerian şi cel acvatic, fascicolul luminos în momentul pătrunderii în apă este deviat de la traiectoria iniţială, fenomen cunoscut sub numele de *refracţie a luminii*. Cu cât unghiul de incidenţă este mai mic, cu atât razele se vor refracta mai puţin. Deoarece lumina pătrunde în apă sub forma unui con de lumină, drumul parcurs de radiaţiile solare pentru atingerea unui punct din adâncime nu este acelaşi – razele care cad perpendicular vor pătrunde mai adânc decât cele care cad oblic. Iată de ce ziua este din ce în ce mai scurtă pe măsura creşterii adâncimii. Astfel, în Mediterana de est, pentru o zi de 11-12 ore la suprafaţă ea se scurtează la 8 ore la 20 m, 5 ore la 30 m şi 2 ore la 40 m.

O parte din lumina solară pătrunsă în apă este absorbită de moleculele de apă. Absorbţia radiaţiilor luminoase de către apa mării nu se face uniform, ci este cu atât mai rapidă cu cât lungimea de undă a radiaţiei luminoase este mai mare. Acest fenomen este cunoscut sub numele de *absorbţie selectivă a luminii*. Astfel, radiaţiile infraroşii şi roşii sunt absorbite în primii metri sau chiar centimetri ai apei, iar radiaţiile spectrului galben-portocaliu sunt absorbite în primii zeci de metri. Foarte repede sunt absorbite şi radiaţiile din domeniul violet, în special radiaţiile ultraviolete. În schimb, radiaţiile albastre şi verzi sunt absorbite mai puţin şi pătrund cel mai adânc, uneori chiar până la 500 m (tab. 1.1).

Tabelul 1.1 Adâncimile maxime până la care pătrund diferitele radiaţii ale spectrului luminos (după Dinu şi Vlad, 1986)

Radiaţiile	Lungimea de undă (nm)	Adâncimea (m)
Infraroşii	> 780	1
Roşii	620-780	6
Oranj	600-620	10-15
Galbene	570-600	20-25
Verzi	490-570	60
Albastre	430-490	80-500
Violete	380-430	35
Ultraviolete	295-380	1-2

Prezenţa particulelor în suspensie în masa apei face ca o bună parte din lumina din apă să fie reflectată, absorbită şi difuzată de către acestea. Din acest motiv suspensiile din apă reduc şi mai mult cantitatea de lumină din apă (fig. 1.3).

Gradul de încărcare a apei cu particule în suspensie determină *transparenţa apei* sau *vizibilitatea*, care reprezintă grosimea stratului de apă prin care se pot observa contururile unui obiect. Mările polare au o transparenţă redusă din cauza bogăţiei în plancton. Mările tropicale au o transparenţă mare, fiind slab populate de plancton. În apele neritice transparenţa este mult mai redusă decât în cele din larg din cauza aportului de pe uscat a suspensiilor fine (fig. 1.3). Transparenţa maximă variază în diferite bazine şi poate fi de până la 66,5 m în Marea Sargasselor, 60 m în Oceanul Pacific şi în Marea Mediterană, 51 m în Marea Roşie, 28 m în Marea Neagră, 25 m în Marea Caspică, 23 m în Marea Nordului şi 13 m în Marea Baltică. În Marea Azov transparenţa este de 2,75 m, iar în timpul verii scade la numai 10 cm.

Toate cele menţionate mai sus indică descreşterea cantităţii de lumină din apă odată cu creşterea adâncimii. Astfel, la 5 m adâncime luminozitatea este de 25% faţă de valoarea energiei luminoase de la suprafaţă, la 15 m de 12,5%, iar la 40 m de numai 3%. Lumina solară practic nu mai pătrunde sub 500 m.

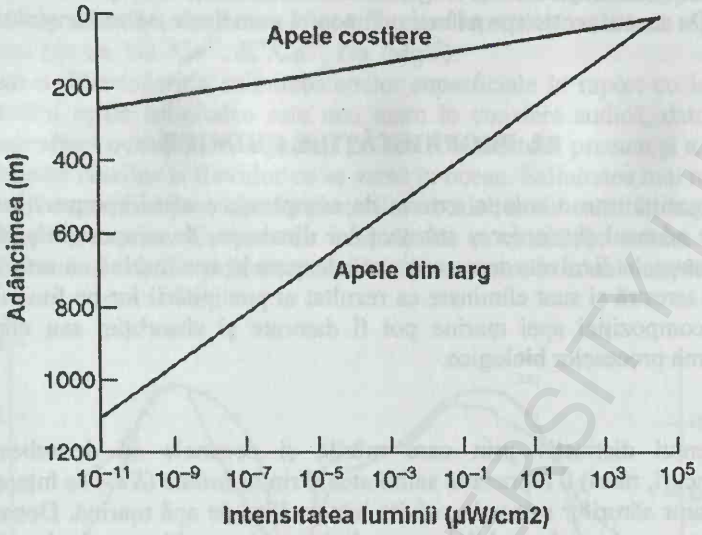


Figura 1.3 Descreşterea intensităţii luminoase odată cu creşterea adâncimii în apele din apropierea coastei şi în apele limpezi din largul oceanelor (după Levinton, 1995)

În funcţie gradul de iluminare, Pérès (1961) a împărţit masele oceanice în următoarele 3 zone:

1) *zona eufotică*[10], care cuprinde apele superficiale, bine luminate. Limita inferioară a zonei eufotice coboară până la adâncimea medie de 50 m, dar poate varia în limite cuprinse între 20 şi 200 m, în funcţie de unghiul de incidenţă al razelor solare, de transparenţa apei şi de agitaţia stratului superficial. Plantele autotrofe se găsesc numai în această zonă, de aceea această zonă se mai numeşte şi *pătură trofogenă*[11]. Limita inferioară a zonei eufotice este dată de *adâncimea de compensaţie*, adică adâncimea la care intensitatea fotosintezei o egalează pe cea a respiraţiei organismelor fotosintetizante. În general, adâncimea de compensaţie se situează la adâncimea la care pătrunde doar 1% din radiaţia de la suprafaţa apei;

2) *zona disfotică*[12] sau *oligofotică*[13] este reprezentată de zona de tranziţie, slab luminată. Limita inferioară a acestei zone se situează la adâncimea maximă la care ochiul uman nu mai percepe lumina, în momentul când Soarele se află în zenit, adică în jur de 1000 m. Aici nu pătrund decât radiaţiile albastre, de aceea aici pot fi prezente doar alge capabile să facă fotosinteză în lumină albastră;

3) *zona afotică*[14] este zona unde domină întunericul complet şi se găseşte la peste 700-1000 m adâncime. În apele tropicale zona afotică este situată mai adânc (~600 m) decât în apele temperate (~100 m). Singura lumină de aici este cea produsă de organismele

[10] *éu* (gr.) = bine, adevărat; *photós* = lumină
[11] *trophé* (gr.) = hrană; *génesis* = provenienţă, apariţie
[12] *dýs* (gr.) = greu, dificil; *photós* = lumină
[13] *oligos* (gr.) = puţin; *photós* = lumină
[14] *a* (gr.) = fără; *photós* = lumină

bioluminescente (vezi Capitolul 7). Organismele fotosintetizante lipsesc cu desăvârşire în această zonă. De aceea, aceste ape adânci mai poartă numele de *pătură trofolitică*[15].

1.2. PROPRIETĂŢILE CHIMICE

Apa marină este o soluţie extrem de complexă, a cărei compoziţie este dată de echilibrul între adaosul şi pierderea substanţelor dizolvate, de evaporaţie şi de aportul de ape dulci. Substanţele dizolvate sunt continuu adăugate în apa marină ca urmare a levigării lor din scoarţa terestră şi sunt eliminate ca rezultat al precipitării lor pe fundul mării. Mici fluctuaţii ale compoziţiei apei marine pot fi datorate şi absorbţiei sau eliminării unor substanţe în urma proceselor biologice.

Salinitatea

Elementul distinctiv prin care mările şi oceanele se deosebesc de apele continentale (lacuri, râuri) îl reprezintă salinitatea. Prin *salinitate* (*S‰*) se înţelege greutatea în grame a tuturor sărurilor minerale solvite într-un litru de apă marină. Deoarece un litru de apă cântăreşte aproximativ un kilogram, salinitatea de regulă este exprimată prin grame de săruri dizolvate în 1000 g de apă marină sau grame la mie (‰). Valoarea medie a salinităţii Oceanului Planetar este de 35‰, intervalul de variaţie cel mai frecvent fiind cuprins între 33 şi 37‰.

Salinitatea poate avea valori diferite de la o zonă la alta, datorită, pe de o parte, evaporaţiei ce determină creşterea conţinutului de săruri, iar, pe de altă parte, aportului apelor dulci (precipitaţii, gheţari, fluvii etc.) care, dimpotrivă, duc la o diminuare a acesteia. De exemplu, în Marea Sargasselor sau în dreptul coastelor atlantice ale Braziliei salinitatea apelor de suprafaţă este de peste 37‰. La latitudini mari, topirea gheţii, precipitaţiile bogate şi aportul continental de ape reduc salinitatea apelor de suprafaţă sub 34‰.

În apropierea coastei sau în mările şi golfurile parţial izolate salinitatea suferă variaţii şi mai mari. Astfel, Marea Baltică are o salinitate de 6-9‰, Marea de Azov 9-12‰, Marea Caspică sub 14‰, iar Marea Roşie 41-47‰. Salinitatea medie a apei Mării Negre este de 17-18‰, deşi în zona Odessei salinitatea poate scădea la 3‰, iar în zona Prebosforică este de 25‰.

Deşi conţinutul total de săruri prezintă variaţii importante, raportul dintre principalii componenţi dizolvaţi se menţine constant. Această legitate poartă numele de *principiul lui Forchhamer*. În concordanţă cu principiul lui Forchhamer, pentru a exprima salinitatea apei de mare este suficient să cunoaştem conţinutul oricărei alte săruri. În mod frecvent se utilizează clorul, care reprezintă elementul cel mai important din compoziţia apei marine. Cantitatea totală de halogeni (clor, brom, iod) în grame existentă în 1000 g de apă de mare poartă numele de *clorinitate* (*Cl‰*) şi se foloseşte pentru calculul salinităţii apei oceanice conform formulei deduse de Knudsen:

$$S‰ = 0{,}030 + 1{,}805 Cl‰$$

[15] *trophé* (gr.) = hrană; *lýsis* = descompunere, dizolvare

Excepție de la principiul lui Forchhamer fac mările interioare, pentru care Pora (1958) a introdus termenul de *factor rhopic*[16], care reprezintă valoarea raportului dintre ionii antagoniști (de ex. Na^+/Ca^{2+}, K^+/Ca^{2+}, Na^+/Mg^{2+}).

Există o diferențiere a salinității apelor superficiale în raport cu latitudinea (fig. 1.4). La latitudini egale salinitatea este mai mare în emisfera sudică, datorită extinderii deosebite a suprafeței oceanice, comparativ cu cea continentală, precum și a aportului mult mai redus al apelor râurilor și fluviilor ce se varsă în ocean. Salinitatea mai redusă din zona latitudinilor mari se explică prin topirea ghețarilor ce aduc astfel cantități importante de apă dulce în bazinele oceanice. Evaporarea intensă, cât și cantitățile reduse de precipitații atmosferice determină valorile ridicate ale salinității oceanice în zonele tropicale (fig. 1.4).

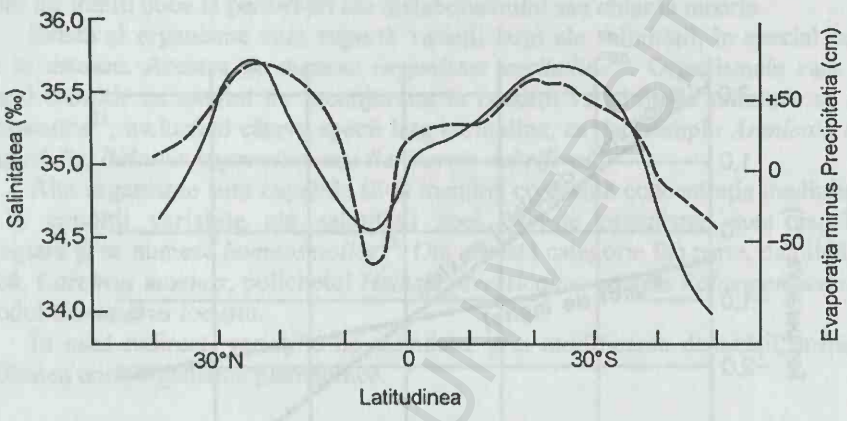


Figura 1.4 Variația salinității apelor de suprafață (linia continuă) și a balanței între evaporație și precipitație (linia întreruptă) în funcție de latitudine (după Sverdrup, 1942, din Levinton, 1995)

Salinitatea crește odată cu adâncimea, atât datorită stratificării verticale a apei după densitate, cât și datorită aportului de apă dulce al fluviilor și ghețarilor, ce micșorează valorile salinității apelor de suprafață.

Salinitatea, alături de temperatură, are un rol important în circulația apelor oceanice, influențând densitatea acestora. Curenții verticali, ce iau naștere datorită densității diferite a apelor oceanice, permit un schimb continuu între diferitele pături de apă. Această circulație verticală favorizează creșterea conținutului în săruri nutritive a apelor superficiale, oferind condiții optime pentru dezvoltarea fitoplanctonului sau, dimpotrivă, îmbogățește apele adânci în oxigen dizolvat (vezi Circulația termohalină, Capitolul 2).

Creșterea salinității atrage după sine modificări importante ale proprietăților fizice ale apei marine, cunoscute sub numele de *proprietăți coligative*. Cele mai importante efecte ale salinizării apei sunt:

1) *creșterea căldurii specifice*, ceea ce duce implicit la *creșterea punctului de fierbere a apei* comparativ cu cel al apelor dulci; astfel apa marină cu o salinitate de 35‰ fierbe la 100,56°C;

[16] *rhopé* (gr.) = echilibru

2) *scăderea punctului de îngheț al apei*, care în cazul apelor oceanice cu o salinitate de 35‰ este la –1,9°C;

3) *creșterea densității* apei marine are loc aproape liniar cu cea a salinității;

4) *scăderea temperaturii densității maxime* până la valori inferioare punctului de îngheț al apei dulci (0°C);

5) *scăderea presiunii vaporilor de apă*, deoarece cantitatea mai mare de săruri face ca moleculele de apă să fie mai puțin disponibile pentru evaporare și, în felul acesta, moleculele de apă sărată trec mai greu din faza lichidă în cea gazoasă;

6) *creșterea presiunii osmotice*[17], care are o mare importanță pentru organismele ale căror membrane celulare permit un schimb permanent de lichide între mediul intern și cel extern.

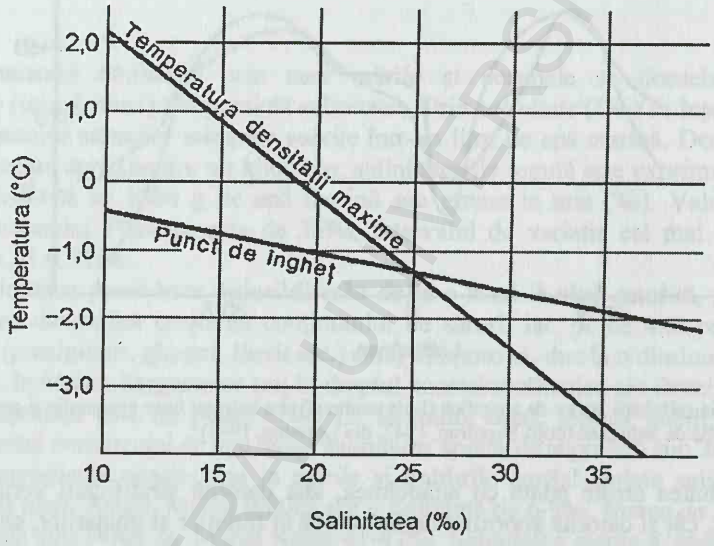


Figura 1.5 Variația temperaturii densității maxime și a punctului de îngheț în funcție de salinitate (după Sverdrup et al., 1942, din Ross, 1976)

Relațiile dintre salinitate, temperatura densității maxime și punctul de îngheț diferit al apelor marine împiedică înghețarea totală a oceanului. Astfel, în apele marine cu salinitate mai mare de 24,7‰ temperatura densității maxime este mai coborâtă decât cea a temperaturii de îngheț (fig. 1.5). Prin urmare, apa devine tot mai densă pe măsură ce se răcește. Datorită faptului că procesul de răcire se produce mai întâi la suprafață, apa superficială cu o densitate mai ridicată coboară, fiind înlocuită de apa mai caldă și deci mai puțin densă din adâncuri. Când și acest strat de apă se va răci, el se va scufunda. Astfel ia naștere o circulație permanentă între diferitele straturi de apă, iar procesul de îngheț nu va avea loc decât în momentul în care întreg volumul de apă va ajunge la temperatura punctului de îngheț. Asemenea situații sunt posibile numai în cazul mărilor puțin adânci și

[17] *osmós* (gr.) = împingere

cu salinitate redusă, unde după omogenizarea întregului volum de apă se poate forma podul de gheață.

Salinitatea are o deosebită însemnătate în întreaga activitate fiziologică a organismelor marine. Majoritatea organismelor marine trăiesc într-un diapazon relativ restrâns de salinități și se numesc *organisme stenohaline*[18]. Aceste organisme sunt în marea lor majoritate *izoosmotice*[19], adică se află în echilibru osmotic cu apa înconjurătoare. Compoziția ionică a mediului lor intern este similară cu cea a apei marine. Variațiile salinității apei au repercusiuni asupra concentrației fluidelor din mediul lor intern datorită pasajului apei înspre sau dinspre corpul lor în vederea menținerii echilibrului osmotic. Aceste modificări sunt adeseori însoțite de schimbarea proporțiilor dintre ionii care intră în constituția protoplasmei lor celulare. Îndepărtarea de limitele concentrației normale a mediului lor intern duce la perturbări ale metabolismului sau chiar la moarte.

Există și organisme care suportă variații largi ale salinității, în special cele care trăiesc în estuare. Acestea se numesc *organisme eurihaline*[20]. Organismele care mențin echilibrul osmotic cu mediul lor înconjurător în condiții variabile de salinitate se numesc *poikilosmotice*[21], incluzând câteva specii larg eurihaline, ca de exemplu *Arenicola marina*, *Mytilus edulis*, *Balanus improvisus* sau *Perinereis cultrifera*.

Alte organisme sunt capabile să-și mențină constantă concentrația mediului intern chiar în condiții variabile ale salinității apei. Aceste organisme sunt capabile de osmoreglare și se numesc *homeosmotice*[22]. Din această categorie fac parte, de pildă, crabul de iarbă, *Carcinus maenas*, polichetul *Hediste diversicolor*, creveta *Palaemon serratus* sau amfipodul *Gammarus locusta*.

În mod indirect, variațiile de salinitate, prin modificarea densității, influențează flotabilitatea unor organisme planctonice.

Substanțele anorganice dizolvate

Compoziția chimică a apelor mărilor și oceanelor evidențiază, pe lângă hidrogen și oxigen (care împreună reprezintă 96,5% din total), prezența unei serii de elemente (tab. 1.2):

1) *macroelemente* (*elemente principale* sau *componenții majori*) sunt acele elemente care au concentrații mai mari de 100 părți per milion (ppm) sau de 100 mg/l. Așa sunt clorul, sodiul, magneziul, sulful (sub formă de sulfat), calciul și potasiul. Macroelementele reprezintă cam 99% din totalul sărurilor aflate în soluție;

2) *oligoelemente*[23] (*elemente secundare* sau *componenți minori*), care sunt prezente în proporții cuprinse între 1 și 100 ppm. Din această categorie fac parte bromul, carbonul, stronțiul, borul, siliciul și fluorul;

3) *microelemente* (*elemente rare*) sunt sărurile și metalele aflate în concentrații mai mici de 1 ppm. Aici intră azotul, litiul, rubidiul, fosforul, iodul, fierul, zincul, molibdenul etc.

---

[18] *stenos* (gr.) = strâmt, îngust; *háls* = sare
[19] *ísos* (gr.) = egal; *osmós* = împingere
[20] *eurýs* (gr.) = larg; *háls* = sare
[21] *poikílos* (gr.) = diferit; *osmós* = împingere
[22] *hómoios* (gr.) = același, asemănător; *osmós* = împingere
[23] *olígos* (gr.) = puțin; *elementum* (lat.) = element, substanță primordială

Tabelul 1.2 Componenţii majori şi minori dintr-o apă marină cu o salinitate de 34,8‰ (Din Nybakken, 1988)

Ionul	Greutate procentuală
A. Majori	
Clorură (Cl^-)	55,04
Sodiu (Na^+)	30,61
Sulfat (SO_4^{2-})	7,68
Magneziu (Mg^+)	3,69
Calciu (Ca^{2+})	1,16
Potasiu (K^+)	1,10
Subtotal	99.28
B. Minori	
Bicarbonat (HCO_3^-)	0,41
Bromură (Br^-)	0,19
Acid boric (H_3BO_3)	0,07
Stronţiu (Sr^{2+})	0,04
Subtotal	0,71
Total:	99,99

Sub formă de urme, în cantităţi mai mici de 10 părţi per miliard (ppb) sau de 10 mg/m^3, sunt prezente cel puţin alte 50 de elemente.

Apele marine, spre deosebire de cele continentale, sunt foarte sărace în siliciu şi calciu. Aceasta se datorează reţinerii lor în structurile scheletice ale organismelor marine – calciul în scheletele cocolitoforidelor, foraminiferelor, coralilor, moluştelor şi crustaceelor, iar siliciul în scheletele diatomeelor, radiolarilor şi spongierilor.

Deoarece apa marină conţine mari cantităţi de cationi provenind de la baze tari (Na^+, K^+, Mg^{2+}, Ca^{2+}, Sr^+) aceasta are o reacţie slab alcalină, care variază cel mai adesea între *p*H 7,5 şi 8,4. Prezenţa ionilor bicarbonat în apa marină îi conferă o mare putere de tamponare, menţinând *p*H-ul între limite înguste. Apele superficiale au un *p*H uşor mai ridicat datorită consumului bioxidului de carbon în procesul fotosintezei. Creşterea temperaturii sau a presiunii duce la o uşoară descreştere a *p*H-ului.

Dintre diferitele elemente un rol deosebit asupra dezvoltării vieţii în oceane îl au azotaţii şi fosfaţii. Aceste substanţe, denumite *substanţe biogene*[24] sau *nutrienţi*, sunt necesare plantelor pentru sinteza substanţelor organice în procesul fotosintezei. Uneori în categoria substanţelor biogene este inclus şi bioxidul de siliciu, care este necesar diatomeelor şi radiolarilor pentru elaborarea scheletelor.

Spre deosebire de ceilalţi ioni, nitraţii şi fosfaţii nu se află în raporturi constante cu celelalte elemente din apă. Concentraţiile lor sunt reduse şi variază puternic în urma activităţii biologice. De multe ori concentraţia elementelor biogene din apă reprezintă un factor limitativ pentru dezvoltarea fitoplanctonului. În ciuda fluctuaţiilor cantităţii totale a elementelor biogene, raportul dintre concentraţia azotaţilor şi fosfaţilor rămâne relativ constant, fiind de 15:1.

Azotul este necesar pentru sinteza proteinelor şi se găseşte dizolvat în apa marină sub formă de nitraţi (NO_3^-), nitriţi (NO_2^-), azot amoniacal (NH_4^+) şi urme ale compuşilor organici ce conţin azot (uree, acid uric, aminoacizi, peptide). În general, în apa marină predomină nitraţii, dar în primii 100 m de la suprafaţa apei sau în apropierea fundului se găsesc cantităţi apreciabile de amoniac sau de nitriţi rezultaţi în urma activităţii biologice.

[24] *bíos* (gr.) = viaţă; *génesis* = apariţie, proveniență

Cantitatea de azotaţi creşte odată cu adâncimea. Acest lucru se datorează procesului bacterian de eliberare a azotaţilor din materia organică în descompunere, precum şi faptului că în zonele lipsite de lumină nu există plante care să îl utilizeze. Aportul crescut de azotaţi din depozitele submarine prin procesul de *upwelling*[25] (vezi Circulaţia activată de vânt, Capitolul 2) determină zonal fenomene de "înflorire" a apei de mare. Azotul molecular este produs datorită acţiunii bacteriilor marine. Azotaţii sunt prezenţi în apele de suprafaţă în concentraţii de 0,2-0,4 mg/l. Nitriţii adesea predomină în apele costiere. Conţinutul nitriţilor rareori depăşeşte 0,03 mg/l, cel mai adesea fiind sub 0,003 mg/l. Azotul amoniacal este prezent în apele din larg în cantitate de 0,03 mg/l, dar în zonele din apropierea coastelor concentraţia lui poate creşte la 0,2 mg/l.

Fosforul este prezent în special sub formă de ioni fosfat (PO_4^{3-}) şi mai rar sub formă de fosfor organic. Apele de la latitudini mari sunt mai bogate în fosfor, iar cele de la ecuator mai sărace. De altfel, în zona ecuatorială utilizarea fosfaţilor este continuă. În perioada de maximă dezvoltare a organismelor fotosintetizante fosfaţii pot scădea până la lipsă totală. Astfel, fosfaţii devin un factor limitativ al dezvoltării fitoplanctonice.

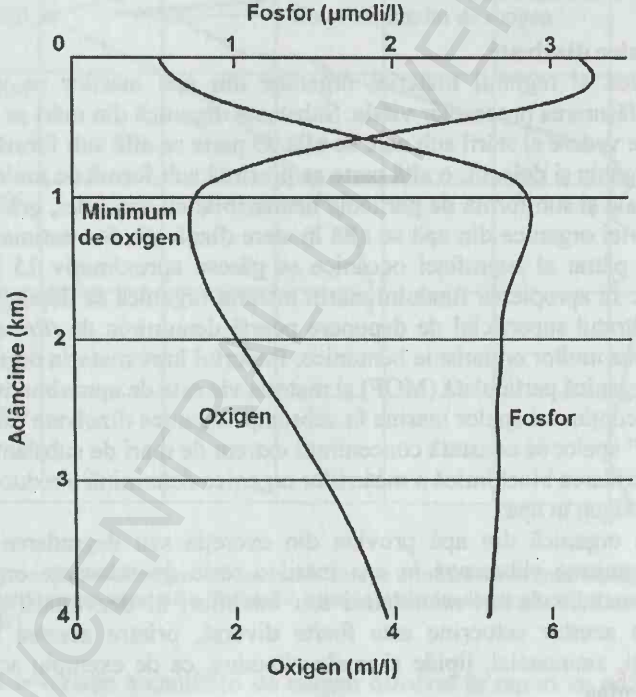


Figura 1.6 Variaţia pe verticală a concentraţiei oxigenului şi fosforului dizolvat în ocean (după Ross, 1976)

Cele mai mari fluctuaţii în conţinutul de fosfaţi se întâlnesc în zona eufotică. Variaţiile au un pronunţat caracter sezonier, ceea ce înseamnă că sunt dependente de

[25] *up* (engl.) = sus, *well* = a izvorî

dezvoltarea populației planctonice. În mod obișnuit concentrația fosfaților în apele de suprafață nu trece de 0,02 mg/l.

Sub zona eufotică concentrația fosfaților crește destul de rapid cu adâncimea. Apele profunde constituie un adevărat depozit de fosfați. Apele oceanului cuprinse între adâncimea de 700 și 1000 m sunt mai bogate în fosfați decât apele de fund. Această zonă corespunde minimului de oxigen dizolvat și concentrației crescute de substanțe organice (fig. 1.6).

Siliciul, sub formă de silicați (SiO_2), se găsește în apa marină în cantități îndestulătoare pentru plante. La latitudini mici concentrația acestuia în apele superficiale este de 0,1-0,2 mg/l, iar în apele reci de până la 1 mg/l. Maximul concentrației de silicați se înregistrează iarna, descrescând rapid primăvara ca urmare a dezvoltării intense a diatomeelor. În general, concentrația siliciului crește odată cu adâncimea, ajungând în părțile adânci ale Oceanului Pacific la valori de până la 5 mg/l.

Fierul este un element esențial, necesar pentru sinteza unor proteine (citocromi, hemoglobină, hemeritrină, clorocruorină). Concentrația fierului în apa marină este, în linii mari, sub 0,002 mg/l. În ultima vreme s-a arătat că fierul și nu azotul este un factor limitativ pentru producția primară din mări.

Substanțele organice dizolvate

Răspândirea și regimul materiei organice din apa mărilor se află în strânsă dependență cu desfășurarea proceselor vitale. Substanța organică din mări se prezintă foarte diferit din punct de vedere al stării sub care se află. O parte se află sub formă de organisme moarte, detritus organic și dejecții, o altă parte se prezintă sub formă de molecule dizolvate sau în stare coloidală și sub formă de particule nemiscibile cu apa (ulei, grăsime). Cea mai mare parte a materiei organice din apă se află în stare dizolvată. S-a estimat că, în medie, sub fiecare metru pătrat al suprafeței oceanice se găsesc aproximativ 15 kg de materie organică dizolvată. În apropierea fundului marin materia organică se depune sub formă de detritus organic. Stratul superficial de depunere poartă denumirea de *film* și joacă un rol important în hrănirea multor organisme bentonice. Raportul între materia organică dizolvată (MOD), materia organică particulată (MOP) și materia vie este de aproximativ 100:10:2.

În medie conținutul apelor marine în substanțe organice dizolvate este de 3-4 mg/l. În cazul „înfloririi" apelor se constată concentrații extrem de mari de substanțe organice. În astfel de condiții oxidarea biochimică a materiilor organice determină o reducere pronunțată a conținutului de oxigen în apă.

Substanța organică din apă provine din excreția sau degradarea organismelor moarte. Unele organisme eliberează în apa mării o serie de substanțe organice numite *ectocrine*[26], ce constituie factori stimulatori sau inhibitori ai dezvoltării asociațiilor de organisme. Natura acestor ectocrine este foarte diversă, printre acestea numărându-se diverși carbohidrați, aminoacizi, lipide și unele vitamine, ca de exemplu acidul ascorbic, tiamina sau cobalamina.

Gazele dizolvate

Gazele dizolvate în apa mărilor și oceanelor provin în cea mai mare parte din atmosferă, dar și din surse submarine, ori din respirația plantelor și animalelor. Cele mai

[26] *ektós* (gr.) = în afară; *krino* = a separa

importante gaze din apa marină sunt azotul, oxigenul, bioxidul de carbon şi hidrogenul sulfurat.

Oxigenul. Concentraţia oxigenului dizolvat în mări este invers proporţională cu temperatura şi salinitatea. La 0°C o apă cu o salinitate de 35‰ conţine aproximativ 8 cm^3/l, în timp ce la 20°C apa conţine doar 5,4 cm^3/l. La aceeaşi temperatură apa marină conţine mult mai puţin oxigen ca apa dulce. De aceea, apele marine din zonele polare, reci şi cu o salinitate mai redusă, sunt în general mai bogate în oxigen decât cele tropicale. O serie de alţi factori, între care contactul permanent cu atmosfera, valurile, mareele şi curenţii, îmbogăţesc apa în oxigen. La oxigenul provenit din atmosferă se mai adaugă cel produs de către plante prin fotosinteză. Apele sunt sărăcite în oxigen în urma procesului de respiraţie a organismelor şi a descompunerii materiei organice de către bacterii.

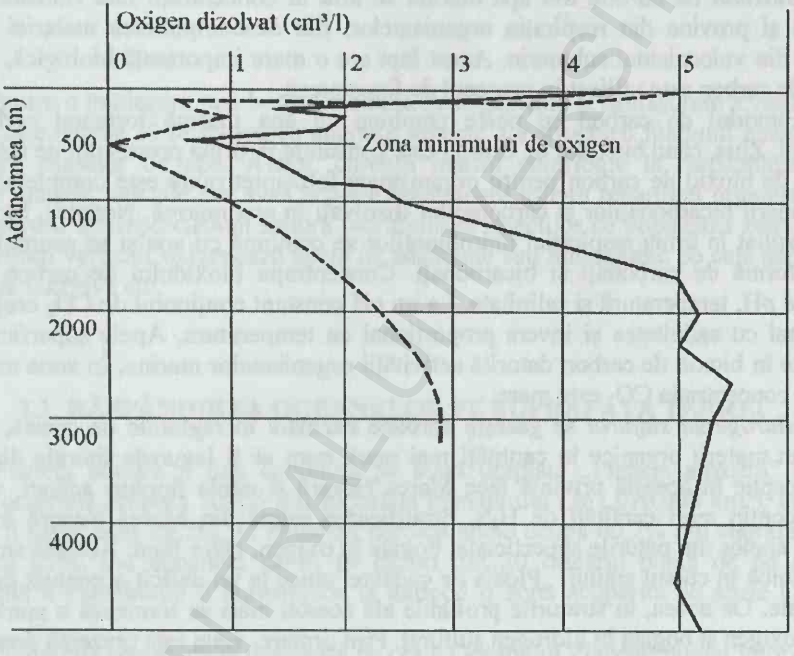


Figura 1.7 Variaţia concentraţiei oxigenului dizolvat în funcţie de adâncime în zona tropicală a Oceanului Pacific de est (linia întreruptă) şi cea tropicală a Oceanului Atlantic (linia continuă) (după Ingmanson şi Wallace, 1973, din Nybakken, 1988)

Există o variaţie a cantităţii de oxigen dizolvat în raport cu adâncimea (fig. 1.7). Astfel, în stratul superficial oxigenul se găseşte la saturaţie datorită difuziei din atmosferă. Mai spre adânc, în zona maximumului fotosintetic (10-20 m) apa prezintă gradul cel mai ridicat de saturaţie cu oxigen (până la 180%). Sub zona eufotică concentraţia oxigenului solvit scade treptat, atingând un nivel minim pe la 500-700 m în apele din zona intertropicală şi între 800-1000 m în apele temperate şi polare. Această *zonă a minimului de oxigen* poate avea în unele regiuni valori ce se apropie de zero. O primă explicaţie ar fi lipsa curenţilor pe verticală în acest strat de apă. Cea de-a doua ar fi că în acest strat

oxigenul este puternic consumat pentru descompunerea produşilor organici proveniţi din straturile superioare şi care cad sub forma aşa-numitei „ploi de cadavre". Sub zona minimului de oxigen concentraţia oxigenului creşte din nou cu adâncimea până aproape de fund, datorită aportului de ape reci, bogate în oxigen, rezultate din scufundarea apelor polare superficiale (vezi Circulaţia termohalină a apei, Capitolul 2). În pătura de contact a apei cu fundul marin cantitatea de oxigen dizolvat scade simţitor din cauza proceselor intense de descompunere microbiană din sedimente.

Este bine cunoscut rolul manganului în oxigenarea apelor adânci, care este considerat un veritabil „cărăuş" al oxigenului. În apele superficiale manganul se găseşte sub formă coloidală. Ionii de mangan se transformă în oxizi greu solubili, care sunt antrenaţi de curent spre adânc, unde cedează oxigenul. Ionii devin mai uşori şi urcă la suprafaţă unde se oxidează din nou şi ciclul se reia.

Bioxidul de carbon din apa marină se află în concentraţii mai ridicate decât în atmosferă şi provine din respiraţia organismelor, din descompunerea materiei organice moarte şi din vulcanismul submarin. Acest fapt are o mare importanţă biologică, deoarece bioxidul de carbon este utilizat în procesul de fotosinteză.

Bioxidul de carbon se poate combina cu apa marină formând carbonaţi şi bicarbonaţi. Ziua, când bioxidul de carbon este consumat în urma procesului de fotosinteză, necesarul de bioxid de carbon pentru organismele fotosintetizante este completat pe baza descompunerii bicarbonaţilor şi carbonaţilor dizolvaţi în apa marină. Noaptea, bioxidul de carbon rezultat în urma respiraţiei hidrobionţilor se combină cu apa şi se acumulează din nou sub formă de carbonaţi şi bicarbonaţi. Concentraţia bioxidului de carbon din apă depinde de *p*H, temperatură şi salinitate. La un *p*H constant conţinutul de CO_2 creşte direct proporţional cu salinitatea şi invers proporţional cu temperatura. Apele superficiale sunt mai bogate în bioxid de carbon datorită activităţii organismelor marine. În zona minimului de oxigen concentraţia CO_2 este mare.

Hidrogenul sulfurat se găseşte aproape exclusiv în regiunile de coastă, unde se descompun materii organice în cantităţi mai mari, cum ar fi lagunele litorale din zonele calde. Excepţie în această privinţă face Marea Neagră şi unele fiorduri adânci, ale căror adâncuri conţin mari cantităţi de H_2S. Stratificarea salină din Marea Neagră împiedică coborârea apelor din păturile superficiale, bogate în oxigen, către fund. Această stratificare nu se schimbă în cursul anului. „Ploaia de cadavre" duce la un deficit accentuat de oxigen în adâncime. De aceea, în straturile profunde ale acestei mări se formează o zonă azoică, lipsită de oxigen şi bogată în hidrogen sulfurat. Prin urmare, viaţa este prezentă doar într-un strat de apă de 180-200 m grosime. La această adâncime trece limita de separaţie a păturilor oxice de cele anoxice. Zona azoică ocupă 77% din suprafaţa Mării Negre, adică 325 mii km^2.

Capitolul 2

ELEMENTE DE OCEANOGRAFIE

Pentru o înțelegere mai bună a modului de organizare și desfășurare a vieții în mări și oceane este nevoie să se cunoască anumite aspecte ale structurii fundului bazinelor sau ale mișcării maselor de apă. Astfel, curenții marini contribuie la răspândirea multor organisme marine; valurile pot avea acțiune hotărâtoare asupra repartiției organismelor de la țărm; mareea are repercusiuni asupra bioritmurilor speciilor ce populează zona de flux-reflux, curenții verticali oxigenează apele de adâncime sau îmbogățesc pe cele superficiale în elemente nutritive etc.

2.1. RĂSPÂNDIREA OCEANELOR PE SUPRAFAȚA TERREI

Planeta noastră a fost denumită pe bună dreptate „Planeta albastră" deoarece mările și oceanele acoperă 70,8% din suprafața Pământului (361.070.000 km^2), în timp ce uscatului îi revin doar 29,2%. În emisfera nordică apele ocupă 60,7% din suprafață, iar în cea sudică 83%. S-a constatat că în 19 cazuri din 20 oricărui punct de pe suprafața continentală a Pământului îi corespunde la antipod o zonă acoperită de apele Oceanului Planetar.

Suprafața continentală depășește pe cea a Oceanului Planetar numai între 40 și 70° latitudine nordică, unde imensul bloc al Eurasiei și jumătatea nordică a Americii de Nord ocupă o arie mai extinsă decât a părții de nord a oceanelor Atlantic și Pacific, precum și între paralelele 70-90° latitudine sudică, unde Antarctida acoperă mai mult de trei sferturi din zona circumpolară sudică. În zona Polului Nord, precum și între paralelele 30-70° lat. S, suprafața ocupată de uscat este infimă comparativ cu cea dominată de Oceanul Planetar.

Polul continental[27] coincide cu micuța insulă Dumet, din apropierea țărmului vestic al Franței, la nord de largul estuar al Loarei, iar *polul oceanic* este situat în partea sud-estică a Noii Zeelande. Dar chiar și în „emisfera continentală" uscatul ocupă numai

[27] *Polul continental* și *polul oceanic* reprezintă două puncte diametral opuse de pe glob care desemnează polii emisferelor cu cea mai mare întindere a uscatului și, respectiv, a apelor.

47%, iar oceanul 53%, în timp ce în „emisfera oceanică" apele oceanice acoperă 91%, față de cele 9% ale uscatului.

Volumul de apă al Oceanului Planetar este de 1.362.455.000 km^3, adică aproximativ 75% din volumul întregii hidrosfere (tab. 2.1). Adâncimea medie a Oceanului Planetar este de aproximativ 3800 m, iar adâncimea maximă este de 11.022 m (Groapa Marianelor). Dacă întreaga suprafață a planetei s-ar nivela la o altitudine mijlocie, atunci apele mărilor și oceanelor ar acoperi pământul cu un strat de aproximativ 400 m grosime.

Tabelul 2.1 Principalele caracteristici ale oceanelor lumii (după Stăncescu, 1983)

Oceanul și mările adiacente	Suprafața ($\times 10^3$ km^2)	Volumul ($\times 10^3$ km^3)	Adâncime medie (m)	Adâncime maximă (m)
Pacific	179.710	723.710	4028	11.022
Atlantic	91.655	330.100	3627	9219
Indian	74.788	291.945	3897	7437
Înghețat de Nord	12.257	16.700	1131	5449
Total	361.070	1.362.455	3795	11.022

Spre deosebire de suprafețele continentale, Oceanul Planetar prezintă continuitate, în sensul că din orice punct al oceanului se poate ajunge în oricare alt punct, fără a străbate uscatul. Oceanul Planetar este divizat în patru bazine oceanice: Oceanul Pacific, Oceanul Atlantic, Oceanul Indian și Oceanul Înghețat de Nord. Acestea prezintă bazine oceanice bine delimitate și cu suprafețe deosebit de mari, separând două sau mai multe continente.

Mările sunt zone mai puțin adânci și mai reduse ca întindere decât oceanele, ce se găsesc de regulă în imediata vecinătate a uscatului, despărțite de oceane prin peninsule sau prin arhipelaguri. Mările însumează 74.800.000 km^2, ceea ce reprezintă aproximativ 20% din suprafața Oceanului Planetar.

Clasificarea mărilor

Există diferite criterii de clasificare a mărilor: în funcție de poziția lor geografică, de temperatura apelor de la suprafață, după geneză etc.

a) După poziția geografică pe care o ocupă mările față de continent distingem:

- *mări marginale*, dispuse în preajma țărmurilor continentelor și care comunică larg cu oceanul (Marea Nordului, Marea Norvegiei, Marea Barents, Marea Kara, Marea Laptev, Marea Beaufort, Marea Arabiei, Marea Tasman);
- *mări interinsulare*, situate între insule și arhipelaguri (Marea Jawa, Marea Banda, Marea Bismarck, Marea Solomon);
- *mări interioare*, înconjurate aproape în întregime de către uscat și comunicând cu oceanul sau cu alte mări prin strâmtori înguste (Marea Neagră, Marea Baltică și Marea Azov);
- *mări mediteraneene*, care separă două continente și care comunică cu oceanul doar prin strâmtori (Marea Mediterană, Marea Marmara, Marea Roșie, Marea Bering, Marea Caraibilor);
- *mări izolate*, care au pierdut orice fel de comunicare cu Oceanul Planetar (Marea Caspică și Marea Aral).

b) După temperatura superficială a apelor mările se pot grupa în:

- *mări polare*, a căror temperatură la suprafață nu depășește 5°C (Marea Kara, Marea Laptev, Marea Beaufort, Marea Baffin, Marea Ross, Marea Weddell);

- *mări subpolare*, cu temperatura apelor de suprafață întotdeauna mai mică de 10°C (Marea Ohotsk, Marea Bering, Marea Labradorului, Marea Irming);

- *mări temperate reci*, în care temperatura apelor de suprafață nu depășește, de obicei, 18°C (Marea Norvegiei, Marea Nordului, Marea Baltică, Marea Mânecii, Marea Tasman);

- *mări temperate calde*, cu temperatura apelor de suprafață ce urcă frecvent până la 23°C, uneori ajungând la 28-30°C (Marea Mediterană, Marea Japoniei, Marea Galbenă, Marea Neagră);

- *mări tropicale*, cu temperaturi superficiale constant peste 23°C, atingând adesea 28-30°C (Marea Caraibilor, Marea Roșie, Golful Persic, Marea Arabiei, Marea Chinei de Sud).

c) După modul de geneză mările pot fi:

- *mări epicontinentale*, cu adâncimi reduse, sub 200 m, situate în întregime pe platforma continentală, ce au luat naștere prin transgresiunea apelor asupra uscatului (Marea Nordului, Marea Baltică, Marea Albă, Marea Barents, Marea Galbenă, Marea Irlandei, Marea Mânecii, Golful Hudson);

- *mări tectonice*, ce s-au format prin prăbușirea unor porțiuni de uscat și care au adâncimi mari (Marea Mediterană, Marea Roșie, Marea Caraibilor).

2.2. CONFIGURAȚIA RELIEFULUI SUBMARIN

Fundul mărilor și oceanelor este foarte accidentat, prezentând o morfologie complicată, cu denivelări chiar mai pronunțate decât cele de pe uscat. Pornind de la mal către adâncurile oceanelor se pot distinge următoarele forme majore de relief: platforma continentală, taluzul continental, câmpiile abisale și fosele abisale (fig. 2.1).

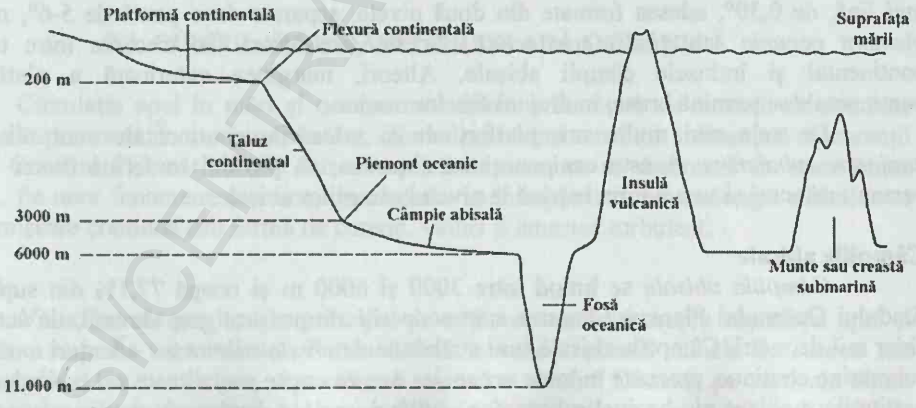


Figura 2.1 Secțiune diagramatică a unui bazin oceanic arătând diferite forme de relief (după Nybakken, 1988)

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Platforma continentală

Platforma continentală sau *şelful* reprezintă partea imersă a soclului continental, până la adâncimea medie de 200 m, cu lăţime variabilă între câteva zeci de metri şi câteva sute de kilometri. Extinderea cea mai mare a platformei continentale o găsim în nordul Europei şi Asiei, având o lăţime de mai multe sute de kilometri şi o lungime de aproximativ 6000 km. Aproape la fel de dezvoltat este şi şelful canadian ce se prelungeşte dincolo de insulele Terra Nova, Baffin, Victoria etc. Cea mai îngustă platformă continentală se găseşte în largul ţărmurilor de vest ale Americii de Sud. Platforma continentală are aspectul unei întinse câmpii, destul de netede la suprafaţă, care coboară lin, cu o pantă medie de 0,07°. Suprafaţa totală a platformei continentale este de 28.000.000 km^2 ceea ce ar reprezenta aproximativ 7,6% din suprafaţa Oceanului Planetar. Către limita exterioară şelful se termină printr-o schimbare bruscă de pantă, numită *flexură continentală.*

Din punct de vedere geologic platforma continentală aparţine mai degrabă continentului, fiind inundată abia acum aproximativ 15.000 de ani. Astfel, întinse zone acoperite acum de apele Mării Baltice sau cele din estul peninsulei Noua Scoţie prezintă urme ale eroziunii ghețarilor continentali, ce au acoperit aceste regiuni în timpul glaciaţiei pleistocene. De asemenea, pe platforma continentală s-au găsit depozite de turbă şi măsele de elefant (Ross, 1976).

O altă dovadă o constituie faptul că în unele locuri platforma continentală este brăzdată de văile submerse ale marilor fluvii (Zair, Mississippi, Dunărea, Rinul, Tamisa), avansând zeci de kilometri până în dreptul povârnişului continental. De exemplu, valea submersă a fluviului Zair are o lungime de 230 km şi o adâncime de 1000 m.

Taluzul continental

Taluzul continental, denumit uneori şi *abrupt* sau *povârniş continental* sau *pantă continentală*, reprezintă o pantă cu unghiul de înclinare de 4-14°, care se extinde de la limita exterioară a şelfului până la adâncimea de 2000-3000 m. Ocupă circa 15,3% din suprafaţa Oceanului Planetar. La baza pantei continentale câteodată apar zone cu o înclinare mai lină, de 0,30°, adesea formate din două nivele, separate de o pantă de 5-6°, numite *piemont oceanic* sau *glacis continental.* Aceste piemonturi fac trecerea între taluzul continental şi întinsele câmpii abisale. Alteori, marginea exterioară a platformei continentale se termină brusc, în dreptul foselor marine.

De cele mai multe ori, platformele şi taluzurile continentale sunt tăiate de *canioane submarine.* Aceste canioane sunt sinuoase, au profilul în forma literei V, cu versanţi stâncoşi şi se pot întinde până la nivelul câmpiilor abisale.

Câmpiile abisale

Câmpiile abisale se întind între 3000 şi 6000 m şi ocupă 77,1% din suprafaţa fundului Oceanului Planetar. Acestea sunt acoperite de un strat gros de mâl, de sute sau chiar mii de metri. Câmpiile abisale sunt străbătute de *creste submarine* – lanţuri muntoase submarine continue, prezente în toate oceanele. Aceste creste sunt situate cel mai adesea în porţiunile mediane ale bazinelor oceanice, purtând numele de *dorsale medio-oceanice*, şi sunt active din punct de vedere seismic. Cea mai studiată dintre crestele submarine este Dorsala Medio-Atlantică, lungă de aproximativ 16.000 km, situată între Islanda şi insula Bouvet. Dorsala Medio-Atlantică prezintă o înălţime de circa 3000 m, dar poate atinge chiar 7000 m, ridicându-se deasupra apelor şi formând arhipelaguri sau grupuri izolate de

insule (Azore, São Paulo, Ascension, Sf. Elena, Tristan da Cuhna, Gough, Bouvet). Partea centrală a dorsalelor este străbătută de o mare fractură, cu adâncimi până la 2000 m față de crestele laterale, numită *vale de rift*.

În toate oceanele sunt prezenți *munții submarini*, care sunt niște culmi izolate, de peste 1000 m, dar care nu ajung până la suprafața apei. Munții submarini sunt de origine vulcanică și prezintă pante abrupte. Atunci când creștetul muntelui submarin este plat, acesta se numește *munte submarin tabular* sau *guyot*[28]. Înălțimile ce nu depășesc 1000 m și au un diametru al bazei de circa 6-8 km poartă numele de *dealuri abisale*. Aceste dealuri sunt caracteristice Oceanului Pacific, unde acoperă până la 50% din suprafața fundului acestuia.

Un loc deosebit de important în configurația abisurilor îl ocupă *platourile oceanice*, regiuni cu relief uniform, resturi ale unor vechi continente care s-au scufundat. Mai cunoscute sunt platourile Rio Grande din estul Argentinei, Bermudelor din estul S.U.A., Azorelor din nord-vestul Africii, în Oceanul Atlantic; Albatros, din vestul Americii Centrale și Noii Zeelande, în Oceanul Pacific și Crozet, din sud-estul Africii, în Oceanul Indian.

Fosele abisale

Fosele abisale se prezintă ca niște șanțuri adânci de până la 11.000 m, ce au în medie cam 1000 km lungime și doar 50-100 km lățime în partea superioară și cel mult 10 km în cea inferioară. Fosele oceanice ocupă aproape întotdeauna marginile oceanelor și prezintă pante foarte abrupte, de 8-16°. Acestea sunt foarte numeroase în Pacificul de Vest (groapa Marianelor, fosa Filipinelor, fosa Japoniei, fosa Kurilelor, fosa Aleutinelor, fosa Tonga, fosa Kermadec etc.). Fosele sunt foarte active din punct de vedere seismic. Astfel, prezența unui număr mare de vulcani și frecventele cutremure care au loc de jur-împrejurul Oceanului Pacific i-au atras numele de „cercul" sau „centura de foc".

2.3. CIRCULAȚIA MASELOR DE APĂ OCEANICĂ

Circulația apei în mări și oceane este direct influențată de curenții de aer care circulă dinspre uscat. În mod asemănător, clima de pe uscat este mult influențată de curenții marini. Oceanul Planetar se află într-o veșnică mișcare, ce se datorează fie unor cauze terestre, fie unor fenomene cosmice, care adesea se întrepătrund. Masa de apă oceanică se află în mișcare continuă sub formă de curenți, valuri și amestec turbulent.

Valurile

Valurile sunt produse în principal de acțiunea vântului asupra suprafeței apei și prezintă o serie de caracteristici. Partea de sus a valului poartă numele de *coama* sau *creasta valului*, iar cea de jos, *depresiunea* sau *talpa valului*. Distanța pe verticală dintre creastă și depresiune reprezintă *înălțimea valului* (*H*). Valurile pot avea înălțimi variabile de la numai câțiva centimetri până la peste 30 m. În largul oceanului înălțimea valurilor depinde de viteza vântului, de durata de acțiune a acestuia și de întinderea zonei asupra

[28] Denumire dată după numele geografului și oceanografului francez Arnold Guyot, ce i-a studiat la sfârșitul sec. XIX.

căreia acționează masele de aer (*priză* sau „fetch"). Distanța pe orizontală dintre două creste sau două depresiuni succesive se definește ca fiind *lungimea de undă* sau *lungimea valului* (*L*). Intervalul de timp, măsurat în secunde, în care două creste succesive de val trec prin dreptul unui punct fix se numește *perioada valului* (*T*). Viteza de deplasare a valului (*V*) este dată de relația:

$$V = L/T$$

Deși avem impresia că apa se deplasează odată cu unda valului, în realitate numai forma valului este cea care înaintează, cu alte cuvinte nu materia se propagă, ci doar energia. Dacă urmărim o barcă, vom vedea cum aceasta se mișcă în sus și în jos, dar nu înaintează odată cu valurile. De fapt, moleculele de apă de la suprafață descriu o traiectorie circulară cu diametrul corespunzător înălțimii valului (fig. 2.2). Valurile imprimă o mișcare orbitală nu numai moleculelor de la suprafața apei, ci și moleculelor subiacente, numai că diametrul orbitelor pe care acestea se mișcă descrește odată cu adâncimea. Astfel, la o adâncime egală cu un sfert din lungimea de undă diametrul orbitei se reduce la o cincime, iar la o adâncime egală cu o jumătate din lungimea de undă a valului mișcarea particulelor de apă este practic nulă (fig. 2.2).

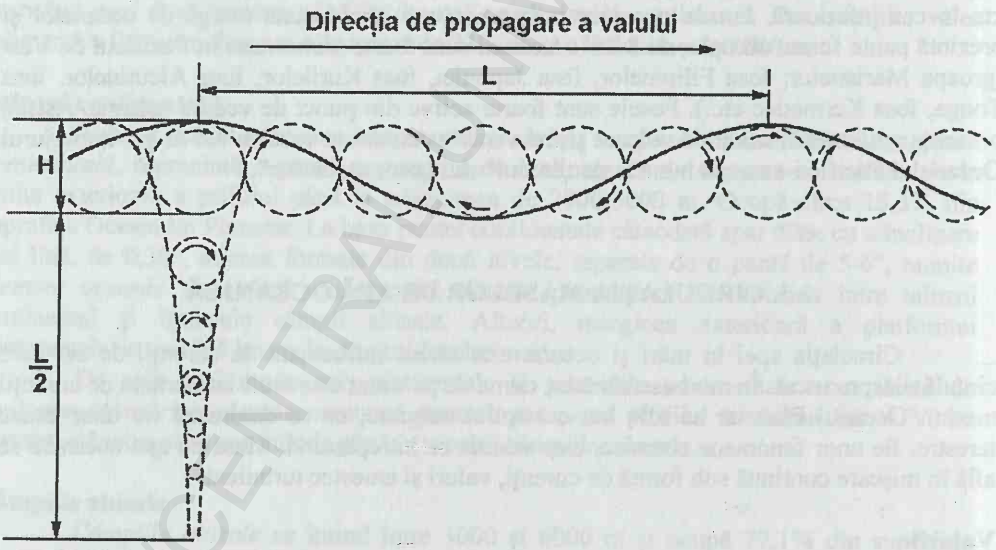


Figura 2.2 Profilul unui val oceanic. Cercurile și săgețile indică direcția de deplasare a particulelor de apă în diferite părți ale valului și cum această mișcare orbitală descrește odată cu adâncimea (după Tait, 1971)

În apele puțin adânci, datorită rezistenței de frecare față de fund, valurile își modifică radical caracteristicile, cu excepția perioadei. Astfel, pe măsură ce se reduce adâncimea, viteza și lungimea de undă scad treptat. Valurile se îngrămădesc și se înalță, astfel încât traiectoriile particulelor de apă din circulare devin eliptice. Când adâncimea apei (*h*) scade la o valoare egală cu 1,3 din înălțimea valului se spune ca valul „simte" fundul. Din acel moment viteza particulelor din creasta valului depășește viteza valului,

vârful acestuia se curbează în sensul propagării şi valul se sparge (fig. 2.3). Valurile prezintă importanţă biologică numai în apele puţin adânci. Organismele din zona litorală s-au adaptat la acţiunea valurilor şi la condiţii de emersiune temporară (vezi Adaptările organismelor intertidale, Capitolul 4).

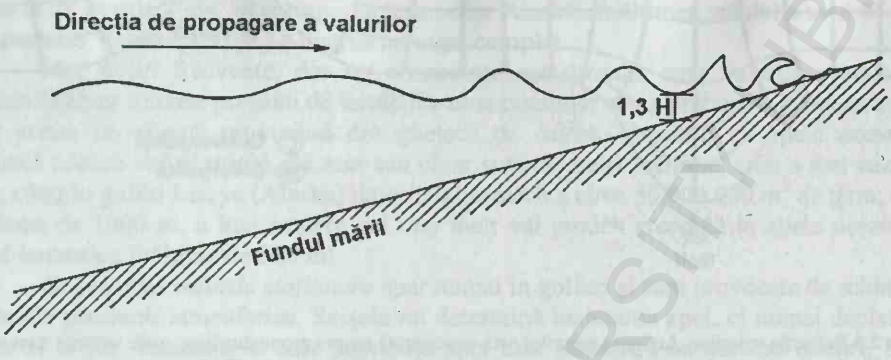


Figura 2.3 Modificarea formei valurilor la intrarea în apele puţin adânci (după Tait, 1971)

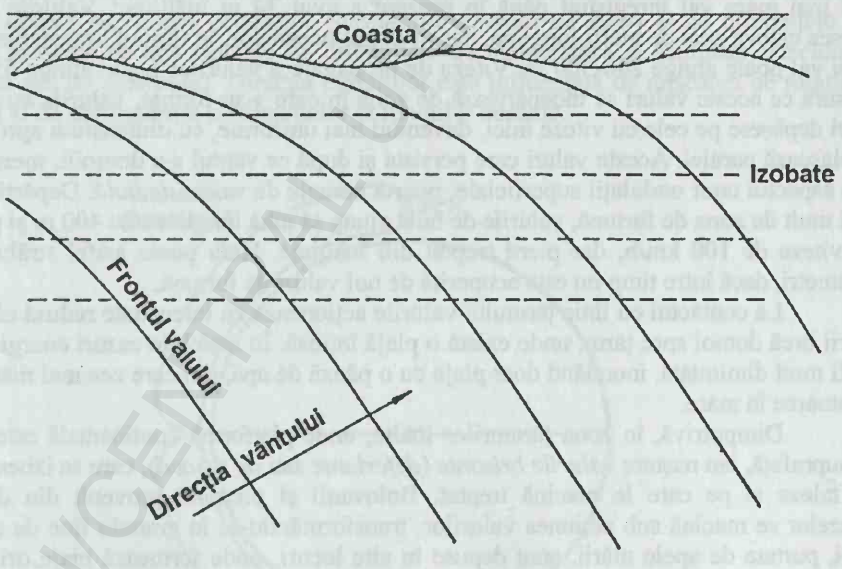


Figura 2.4 Diagramă ilustrând refracţia valurilor ce intră oblic în apele puţin adânci (după Tait, 1971)

Valurile care se apropie oblic de coastă îşi schimbă direcţia în apele puţin adânci din apropierea coastelor şi se orientează aproape paralel faţă de linia de ţărm (Fig. 2.4). Prin urmare, valurile converg către promontorii şi diverg în golfuri (fig. 2.5).

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

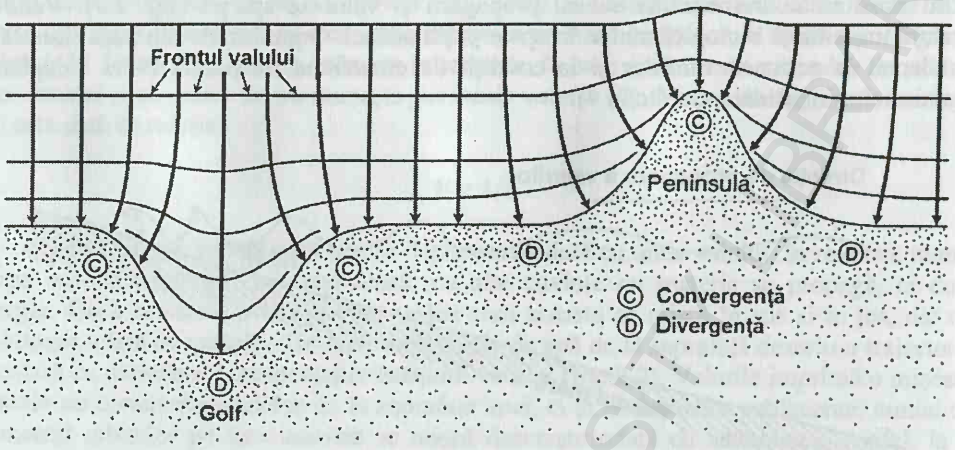


Figura 2.5 Refracţia valurilor. Acţiunea valurilor este concentrată asupra promontoriilor, unde valurile converg. În zona golfurilor divergenţa determină disiparea energiei valurilor (după Levinton, 1995)

Valurile de furtună sunt valuri neregulate, care se deplasează în direcţii diferite şi au perioade şi înălţimi diferite. Câteodată unele valuri se suprapun, formând un *supraval*. Cel mai mare val înregistrat până în prezent a avut 34 m înălţime! Valurile pot atinge adesea câteva zeci de metri lungime, dar în largul oceanelor, în timpul uraganelor lungimea unui val poate atinge 200-300 m. Viteza de propagare a valurilor poate atinge 55 km/h. Pe măsură ce aceste valuri se îndepărtează de zona în care s-au format, valurile cu viteze mai mari depăşesc pe cele cu viteze mici, devenind mai uniforme, cu dimensiuni apropiate şi se deplasează paralel. Aceste valuri care persista şi după ce vântul s-a domolit, menţinându-se sub aspectul unor ondulaţii superficiale, poartă numele de *valuri de hulă*. Depărtându-se tot mai mult de zona de furtună, valurile de hulă ajung să aibă lungimea de 400 m şi pot înainta cu viteze de 100 km/h, dar pierd treptat din înălţime. Hula poate astfel străbate mii de kilometri, dacă între timp nu este acoperită de noi valuri de furtună.

La contactul cu linia ţărmului valurile acţionează cu intensitate redusă când fundul mării urcă domol spre ţărm, unde există o plajă întinsă. În astfel de cazuri energia valurilor va fi mult diminuată, inundând doar plaja cu o pânză de apă, din care cea mai mare parte se reîntoarce în mare.

Dimpotrivă, în zona ţărmurilor înalte, unde platforma continentală este restrânsă ca suprafaţă, iau naştere *valurile brizante* (*deferlante* sau *de resacă*), care se izbesc puternic de faleze şi pe care le macină treptat. Bolovanii şi pietrişul provenit din distrugerea falezelor se macină sub acţiunea valurilor, transformându-se în granule fine de nisip, care apoi, purtate de apele mării, sunt depuse în alte locuri, unde formează plaje ori cordoane litorale.

În afară de vânt, valurile mai pot fi generate de către mişcările seismice sau de erupţiile vulcanilor submarini. Aceste valuri, care poartă numele de *valuri seismice* sau *tsunami*[29], sunt prezente îndeosebi în apele Pacificului, unde adesea provoacă pagube imense. În largul oceanului tsunami au o înălţime de 20-30 cm, însă prezintă lungimi de

[29] *tsunami* (jap.) = val înalt

undă de până la 180 km şi viteze de 600-700 km/h. Dacă în largul oceanului acţiunea lor este practic neînsemnată, în zona ţărmului înălţimea lor creşte considerabil. Astfel, un tsunami format la 1 aprilie 1946 în zona fosei Aleutinelor s-a deplasat în 4 ore şi jumătate până la ţărmurile insulelor Hawaii, unde a avut o înălţime de 15 m, pătrunzând 1 km în interiorul uscatului şi provocând moartea a 159 de oameni. Cel mai puternic val seismic s-a produs la 28 martie 1964, în apropierea ţărmurilor Alaskăi. Înălţimea valului a avut 67 m în zona portului Valdez pe care l-a distrus aproape complet.

Mai puţin frecvente, dar cu consecinţe catastrofale, sunt valurile produse de alunecările unor imense porţiuni de teren din zona coastelor sau a prăbuşirii în ocean a unor mase uriaşe de gheaţă provenind din gheţarii de calotă. Impactul cu apele oceanului provoacă adesea valuri uriaşe, de zeci sau chiar sute de metri înălţime, cum a fost cazul în 1958, când în golful Lituya (Alaska) datorită alunecării a circa 30.000.000 m^3 de ţărm, de la înălţimea de 1000 m, a luat naştere cel mai înalt val produs vreodată în apele oceanului, având fantastica înălţime de 500 m!

Seişele sau *valurile staţionare* apar numai în golfuri şi sunt provocate de schimbări rapide ale presiunii atmosferice. Seişele nu determină înaintarea apei, ci numai deplasarea în sus şi în jos. Punctele în care suprafaţa apei este staţionară se numesc *noduri*. După numărul de noduri putem deosebi seişe uninodale sau binodale.

Curenţii oceanici

Curenţii oceanici principali sunt generaţi de acţiunea combinată a vânturilor dominante asupra suprafeţei oceanelor (*circulaţia activată de vânt*) şi de diferenţele de densitate a maselor de apă cauzate de diferenţele de temperatură şi salinitate (*circulaţia termohalină sau de densitate*). Direcţia curenţilor este influenţată de mişcarea de rotaţie a Pământului şi de configuraţia continentelor şi fundului oceanic.

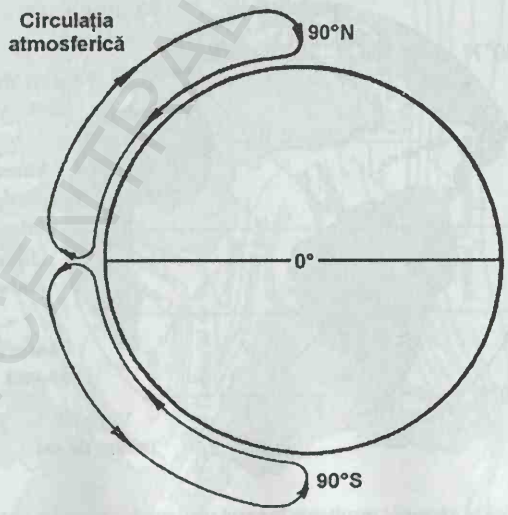


Figura 2.6 Circulaţia atmosferică posibilă şi vânturile rezultante în cazul unui glob terestru care nu se roteşte în jurul propriei axe (după Ross, 1976)

Circulația activată de vânt. În zona ecuatorială Pământul primește o cantitate mai mare de radiații solare pe unitatea de suprafață comparativ cu regiunile polare. La ecuator aerul încălzit se dilată și se ridică la înălțime, creând o zonă de joasă presiune. Aerul mai rece de la nord se va deplasa către sud, generând un vânt constant dinspre nord. Dacă Pământul nu s-ar roti în jurul axei sale, atunci s-ar realiza o circulație simplă (fig. 2.6).

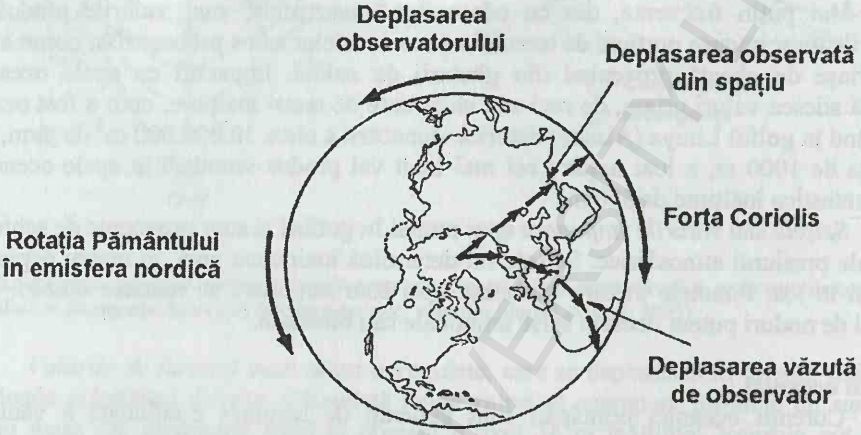


Figura 2.7 Efectul Coriolis, datorat rotației terestre (după Ross, 1976)

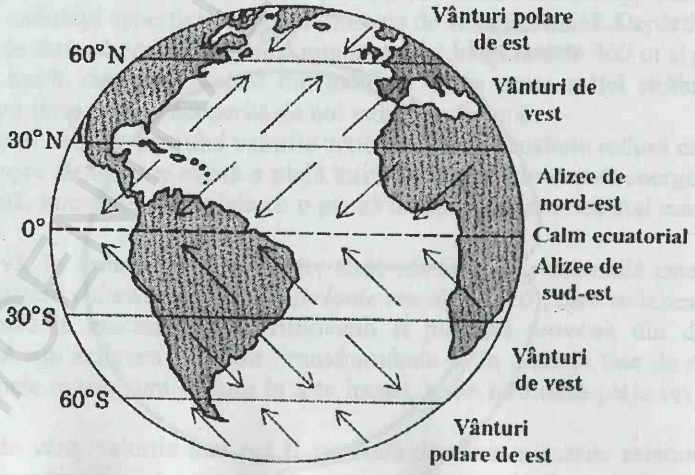


Figura 2.8 Circulația atmosferică și vânturile rezultante în cazul unui model tricelular (după Nybakken, 1988)

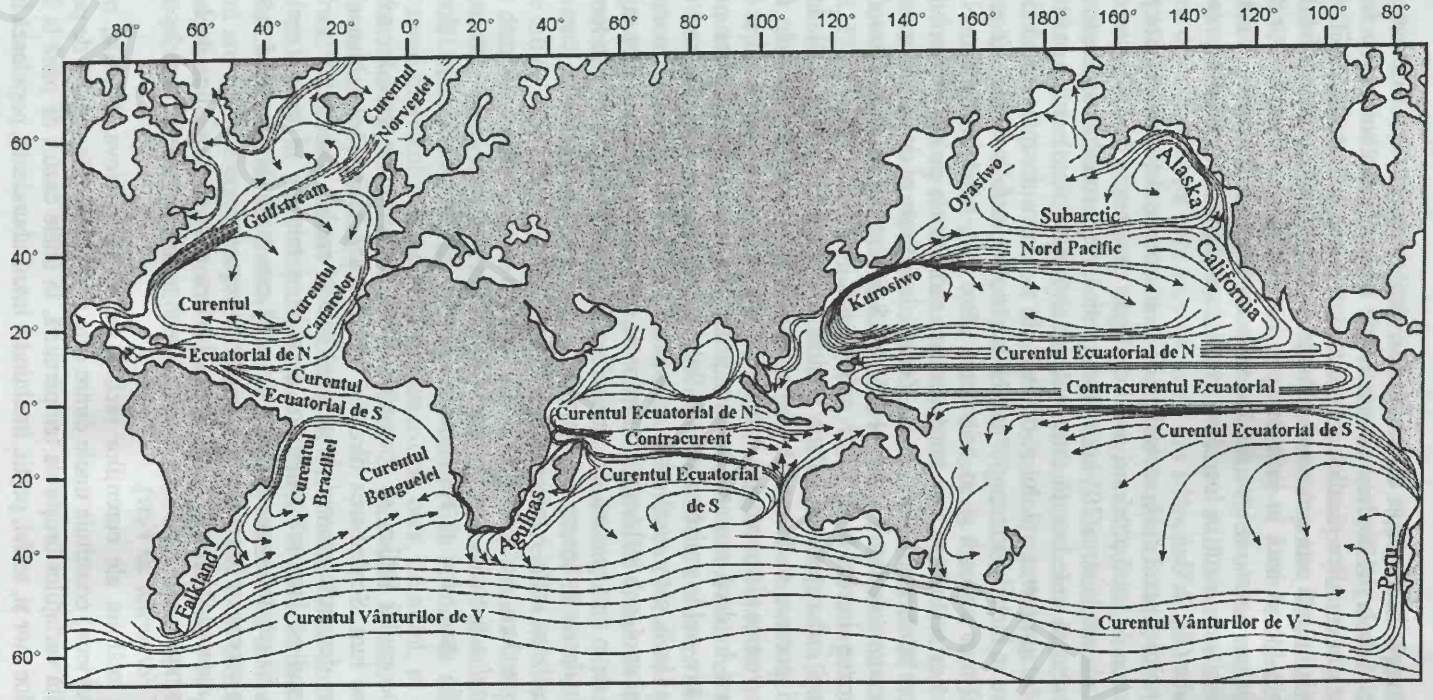


Figura 2.9 Harta principalilor curenți oceanici (după Summerhayes și Thorpe, 1996)

Din cauza mişcării de rotaţie a Pământului, deplasarea aerului suferă o deviere aparentă. Dacă am privi de la pol deplasarea maselor de aer am putea constata o deplasare spre dreapta a acestora în emisfera nordică şi spre stânga în cea sudică (fig. 2.7). Această abatere de la traiectoria iniţială este cunoscută sub numele de *forţa Coriolis*. În felul acesta constatăm că vântul în loc să bată în linie dreaptă de-a lungul gradientului baric, de la presiune înaltă la presiune joasă, el bate după o traiectorie curbă. Deoarece Pământul se învârte în jurul propriei axe, aerul în loc să se mişte după un model unicelular se mişcă după un model tricelular (fig. 2.8).

În emisfera nordică aerul cald, ascendent de la ecuator se deplasează către pol. Cu cât se depărtează de zona de joasă presiune, aerul cald este deviat spre dreapta şi se răceşte, aerul rece începe să coboare la circa 30° latitudine nordică. Se formează astfel *alizeele*. O parte din aerul care coboară se îndreaptă către sud, iar altă parte către nord. Această masă de aer este încălzită în apropierea solului şi deviată din nou spre dreapta, formând o altă celulă de presiune care se încheie la circa 60° lat. N. Iau naştere astfel *vânturile de vest*. Din regiunea polară aerul rece coboară şi se orientează către sud, până la 60° lat. N, unde încălzindu-se se ridică orientându-se spre nord sau spre sud. Pătura de aer care coboară de la polul nord dă naştere *vânturilor polare de est*. Zonele de ridicare şi de coborâre a aerului formează *calmurile ecuatoriale* dintre 5° lat. N şi 5° lat. S şi centrele de calm dintre alizeele şi vânturile vestice care se situează la 30° lat. N şi 30° lat. S.

Aceste vânturi influenţează circulaţia apei în mări şi oceane (fig. 2.9). În zona alizeelor, în cele trei oceane, se formează doi *curenţi ecuatoriali*, câte unul în fiecare emisferă. În regiunile vestice ale oceanelor Atlantic şi Pacific curenţii ecuatoriali se lovesc de coaste şi se împart în două ramuri. Ramura principală se orientează către nord în emisfera nordică şi către sud în emisfera sudică. Sub influenţa forţei Coriolis acest curent principal se abate, mai întâi, către nord-est în emisfera boreală şi către sud-est în emisfera australă, pentru ca mai apoi, sub influenţa vânturilor de vest din zona latitudinilor mijlocii, să traverseze oceanul de la vest spre est. La ţărmurile vestice ale continentelor se formează *curenţii reci* ce se deplasează dinspre zonele polare în adâncul oceanelor şi care ajung treptat la suprafaţă, realizând astfel o mişcare giratorie amplă.

Ramurile secundare, ce se desprind din cei doi curenţi ecuatoriali, se unesc formând *contracurentul ecuatorial* care se deplasează de la vest spre est. Acesta este un curent de compensaţie care vine să restabilească nivelul apelor oceanice pe ţărmurile vestice ale oceanelor.

În nordul Oceanului Indian se formează o mişcare giratorie care îşi schimbă direcţia o dată la şase luni. Schimbarea direcţiei se datorează schimbărilor bianuale ale circulaţiei atmosferice, denumite *musoni*. În sezonul cald al anului, musonul de vară care bate dinspre sud şi sud-est imprimă curenţilor oceanici o mişcare în sensul acelor de ceasornic, în timp ce, în sezonul rece, musonul de iarnă care suflă dinspre nord modifică direcţia de deplasare a curenţilor în sens contrar acelor de ceasornic.

În regiunea antarctică, deoarece nu există bariere care să împiedice deplasarea apei, circulaţia este simplă, sub forma unui curent circumpolar antarctic care înconjură continentul (*Curentul Vânturilor de Vest*).

Locurile de întâlnire ale curenţilor reci şi calzi (Terra Nova, Islanda, nordul Japoniei, coastele peruviene) constituie unele dintre cele mai importante regiuni de pescuit din lume. Aici, datorită variaţiilor bruşte de temperatură, în unele cazuri de până la 20°C, organismele planctonice mor şi, astfel, peştii, întâlnind o hrană abundentă, populează intens

aceste zone. Curenţii oceanici contribuie activ la răspândirea organismelor pelagice pe distanţe de sute şi mii de kilometri. De exemplu, leptocefalii (alevinii de anghilă) sunt duşi de apele Gulf-Stream-ului din insulele Bermude tocmai pe ţărmurile Islandei şi Norvegiei.

Acţiunea vântului asupra suprafeţei mării poate determina şi o deplasare pe verticală. Deplasarea ascendentă a apei – *upwelling*-ul – se realizează atunci când vântul are direcţia predominantă paralelă cu linia ţărmului şi, ca urmare a efectului Coriolis, apele păturilor superficiale sunt împinse spre larg. Pentru a anihila denivelarea produsă se creează un curent de compensaţie care face ca apele din adâncime să fie scoase la suprafaţă (fig. 2.10). Astfel de curenţi ascendenţi iau naştere pe ţărmurile vestice ale Africii şi Americii de Sud, unde apele reci din adânc, bogate în săruri nutritive, determină o mare dezvoltate a fito- şi zooplanctonului. Aceste locuri reprezintă zone de pescuit intens.

În mod similar, de-a lungul ecuatorului cei doi curenţi ecuatoriali ce se deplasează spre vest sunt deviaţi către dreapta la nord de ecuator şi spre stânga la sud. Pentru a înlocui această apă, apele de dedesubt urcă la suprafaţă (fig. 2.10).

În Pacificul răsăritean prin luna decembrie are loc o inversiune a direcţiei curenţilor locali, în timpul căreia apa caldă circulă spre sud de-a lungul coastelor peruviene. În America Latină acest fenomen este cunoscut sub numele de *El Niño* – „bebeluşul" – referindu-se la pruncul Isus Hristos, deoarece apare în preajma Crăciunului. În mod obişnuit, El Niño nu creează efecte negative, dar la un ciclu neregulat de 2-10 ani această inversiune este foarte puternică. În acest caz, apele calde de la suprafaţă, sărace în substanţe biogene, sunt împinse spre coastă, stopând procesul de upwelling. Din cauza scăderii drastice a producţiei primare, a încălzirii apei şi a deplasării spre est a frontului de furtuni, are loc mortalitatea în masă a peştilor, ceea ce duce la compromiterea pescuitului din zonă. Astfel, în timpul fenomenului El Niño din anii 1982-1983, din cauza furtunilor puternice au murit aproximativ 600 de oameni, iar în Peru diminuarea pescuitului şi daunele provocate de uragane au dus la pierderi de aproximativ 2 miliarde de dolari. Efectele fenomenului El Niño se resimt la mii de kilometri depărtare, purtând numele de *teleconexiuni* sau „*efectul de domino*". Astfel, în urma furtunilor severe provocate de El Niño din 1982-1983 au fost distruse mii de case de pe coasta Californiei. Tot atunci recifele de corali din golful Panama au fost distruse în proporţie de 70-80%, iar în cele din insulele Galápagos au murit 95% dintre corali. Fenomenul afectează climatul regiunilor tropicale şi subtropicale din cuprinsul întregului Ocean Pacific. Furtunile provocate de El Niño în zona de coastă duc la inundaţii dezastruoase în vestul continentului sud-american, care, de altfel, se numără printre cele mai secetoase regiuni ale globului. Totodată, în Australia în acest interval de timp se înregistrează secete puternice.

El Niño este cauzat de oscilaţii ale sistemului ocean-atmosferă din oceanele Pacific şi Indian. În mod obişnuit, Oceanul Pacific se caracterizează printr-o presiune atmosferică ridicată, iar cel Indian printr-o presiune atmosferică scăzută. La un interval de 2-10 ani are loc o inversiune a presiunii atmosferice, astfel încât alizeele sunt slăbite, ceea ce diminuează intensitatea curentului ecuatorial de suprafaţă care se propagă spre vest şi permite predominarea contracurenţilor de profunzime cu direcţia vest-est.

BCU IAŞI

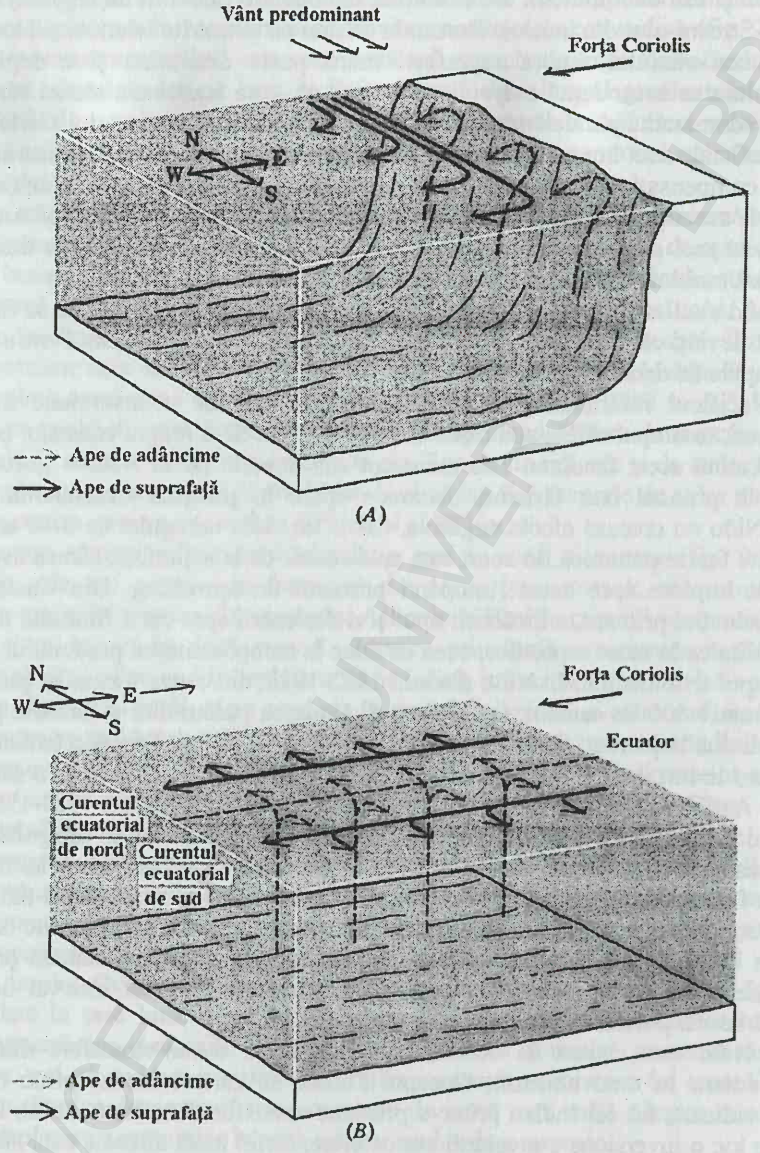


Figura 2.10 (*A*) Upwelling costier în emisfera nordică. De-a lungul coastelor vestice ale continentelor vântul și forța Coriolis împing apele de suprafață spre larg (săgețile continui). Această apă este înlocuită de apă de adâncime (săgețile subțiri); (*B*) Upwelling ecuatorial. De-a lungul ecuatorului forța Coriolis acționează asupra curenților care se deplasează spre vest, împingând apele de suprafață spre nord în emisfera nordică și spre sud în emisfera sudică (săgețile îngroșate). Această apă este înlocuită de ape reci care urcă din adâncuri (săgețile întrerupte) (după Nybakken, 1988)

BCU CLUJ UNIVERSITY LIBRARY

Circulația termohalină[30] antrenează nu numai apele superficiale, ci și pe cele de adâncime și sunt generate de variațiile de densitate ale apei. Această circulație este lentă, de cel mult 10-20 cm/s și a fost pusă în evidență prin măsurători cu carbon radioactiv. Apele polare reci, și deci mai grele, circulă în zona abisală în sensul de la poli spre ecuator, unde ies la suprafață, și după încălzire pot fi antrenate în curenți superficiali care au direcția de la ecuator spre poli.

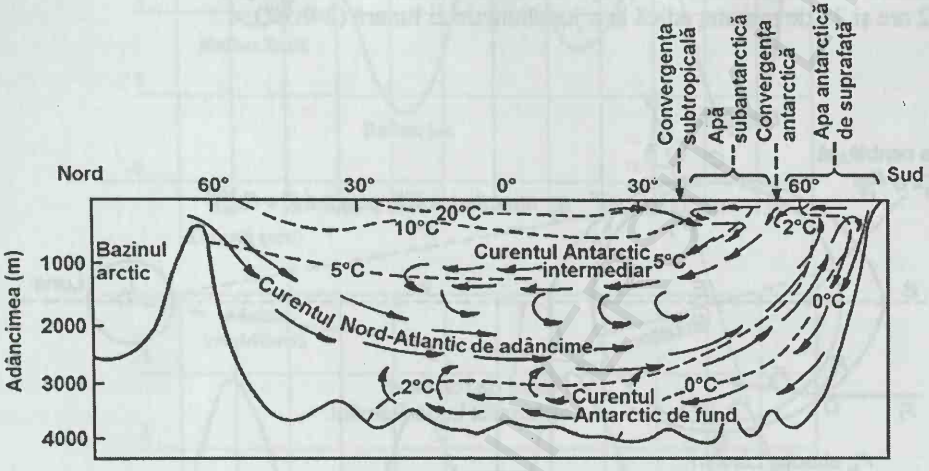


Figura 2.11 Circulația termohalină de adâncime din Oceanul Atlantic (după Tait, 1970)

În Atlantic apa rece din regiunea arctică se deplasează spre profunzime și curge spre sud, formând *curentul nord-atlantic de adâncime* care depășește zona ecuatorului. În regiunea antarctică apa, datorită formării gheţarilor devine mai sărată și mai densă, coboară spre ecuator, dând naștere la doi curenți puternici: *curentul antarctic intermediar* și *curentul antarctic de fund* (fig. 2.11). Aceste ape reci, care se scufundă, contribuie mult la transportul oxigenului spre adâncimile mari ale oceanelor Atlantic, Pacific și Indian.

Mareele

Un loc aparte în mișcările Oceanului Planetar îl ocupă *mareele*, adică ridicările (*fluxul*) și coborârile (*refluxul*) nivelului apelor. Mareele iau naștere datorită interacțiunii dintre atracția gravitațională a Lunii și Soarelui asupra Pământului și forța centrifugă generată de rotația sistemului Pământ - Lună. Atracția gravitațională dintre două corpuri este în funcție de masa fiecărui corp și cu distanța dintre ele. Forța de atracție a Pământului de către Lună este de aproximativ de două ori mai mare decât cea datorată Soarelui, chiar dacă Soarele est mult mai masiv decât Luna. Aceasta se datorează faptului că distanța dintre Pământ și Lună (384.000 km) este mult mai mică comparativ cu cea până la Soare (149.000.000 km).

Rotația Pământului și Lunii în jurul centrului de greutate comun creează o forță centrifugă care acționează diametral opus forței de atracție și cu care se află în echilibru

[30] *thérme* (gr.) = căldură; *háls* = sare

(fig. 2.12). Totuşi, forţa gravitaţională este mult mai mare decât forţa centrifugă pe faţa Pământului orientată către Lună, ceea ce duce la o înălţare a apelor Oceanului Planetar pe partea orientată către Lună (*fluxul de zenit*[31]). Pe partea opusă a Pământului, forţa gravitaţională este mai mică decât forţa centrifugă, ceea ce creează o a doua îngroşare a învelişului de apă (*fluxul de nadir*[32]). Refluxul apelor are loc la jumătatea distanţei dintre cele două fluxuri. Cele două protuberanţe se deplasează urmărind poziţia Lunii pe măsură ce Pământul se învârte în jurul propriei axe. De aceea mareele se produc ritmic la intervale de 12 ore şi 25 de minute, adică la o jumătate de zi lunară (24h50').

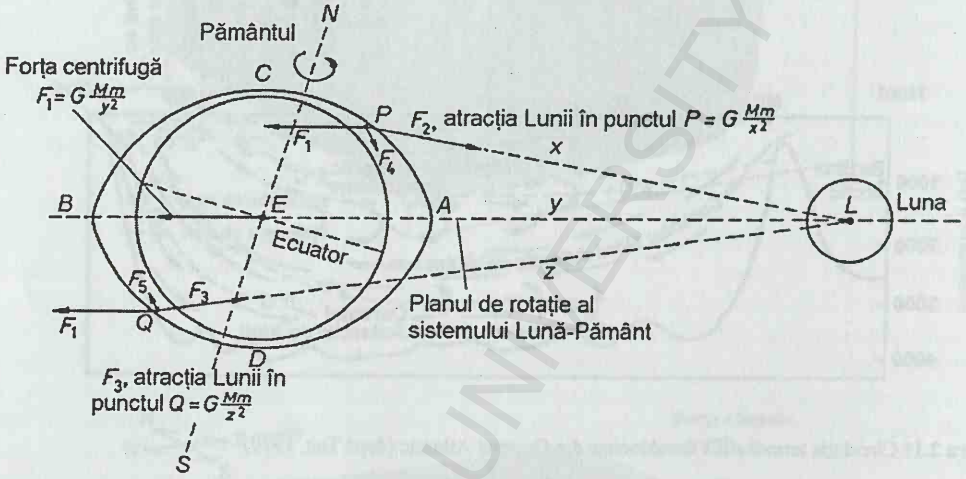


Figura 2.12 Forţele generatoare de maree în punctele *P* şi *Q* sunt F_4 şi F_5, rezultantele forţei centrifuge (F_1) şi forţei gravitaţionale (F_2 şi F_3). *M* = masa Lunii; *m* = masa apei în punctul *P*, respectiv *Q*; *G* = constanta gravitaţională; *E* = centrul de gravitaţie al Pământului; *L* = centrul de gravitaţie al Lunii; *x* = distanţa *PL*; *y* = distanţa *EL*; *z* = distanţa *QL* (după Tait, 1970)

În mod obişnuit se produc două maree înalte şi două maree joase pe zi lunară (*maree semidiurne*). Deoarece Oceanul Planetar nu acoperă în mod uniform suprafaţa Pământului, formând bazine oceanice şi maritime cu întinderi şi adâncimi foarte variate, masele de apă oscilează după un ritm propriu, ceea ce determină în unele regiuni apariţia doar a unei singure maree pe zi (*maree diurne*), iar în altele două maree cu amplitudini diferite (*maree mixte*) (fig. 2.13).

Întrucât axul de rotaţie al Pământului formează un unghi de 23,5° faţă de planul orbitei sale, în timpul revoluţiei în jurul axei un punct oarecare de pe suprafaţa Pământului este supus unor maree cu amplitudini diferite. Tot din acest motiv în mările polare are loc doar un singur flux pe zi.

[31] *Zenitul* reprezintă punctul în care verticala locului intersectează bolta cerească deasupra observatorului.
[32] *Nadirul* este punctul diametral opus zenitului.

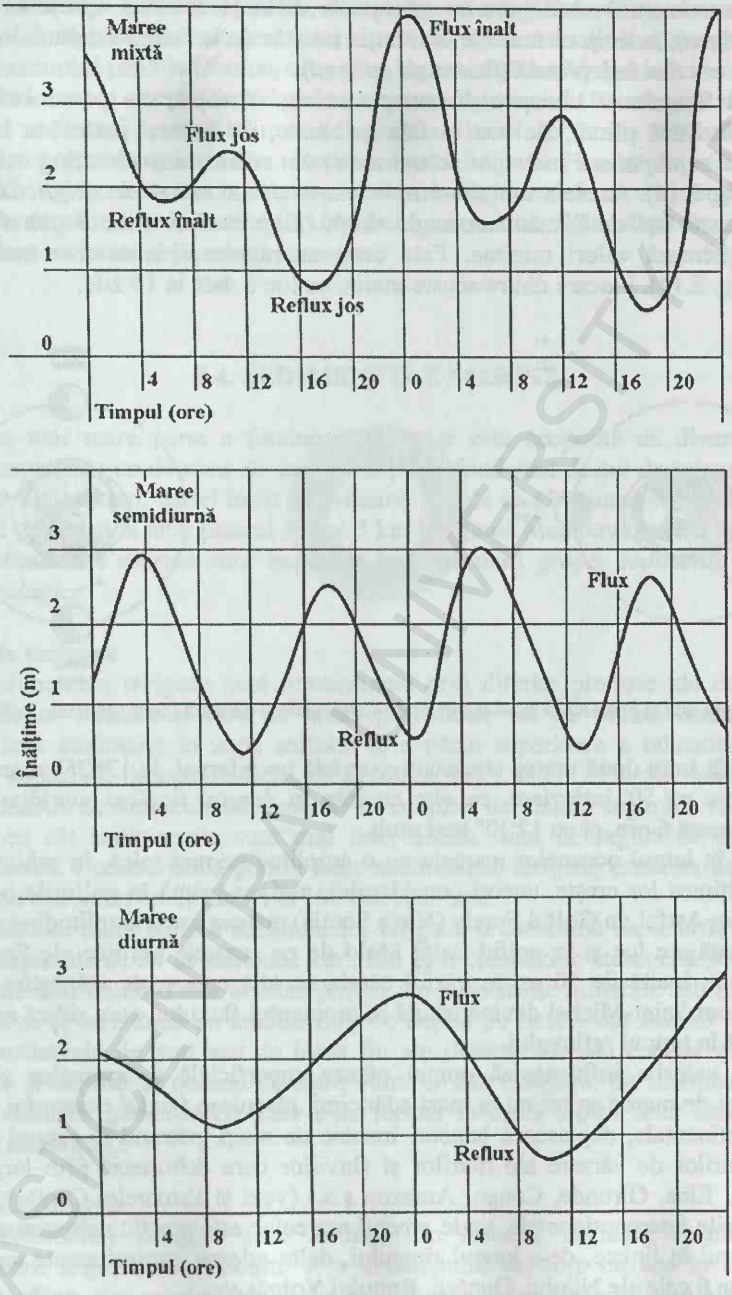


Figura 2.13 Curbele mareelor mixte, semidiurne şi diurne (după Ross, 1982, din Nybakken, 1988)

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Datorită faptului că orbita Lunii nu este circulară ci eliptică, mareele mai puternice iau naştere în momentul când Luna se găseşte la distanţa cea mai apropiată de Pământ (*maree de perigeu*), în timp ce mareele mai puţin intense au loc când satelitul nostru natural este în poziţia cea mai îndepărtată (*maree de apogeu*).

Când Soarele şi Luna se dispun pe aceeaşi dreaptă, fie pe ambele părţi ale Pământului (de Lună plină), fie una în faţa celeilalte, pe aceeaşi parte (de Lună nouă), atunci, datorită suprapunerii mareelor selenare cu cele solare, mareele ating cele mai mari amplitudini (fig. 2.14). Acestea sunt aşa-numitele *ape vii* sau *maree de sizigii*. Când Soarele şi Luna formează faţă de Pământ un unghi drept (în primul şi ultimul pătrar), fluxul şi refluxul înregistrează valori minime. Este ceea ce numim *ape moarte* sau *maree de cvadratură* (fig. 2.14). Fiecare dintre aceste maree au loc o dată la 14 zile.

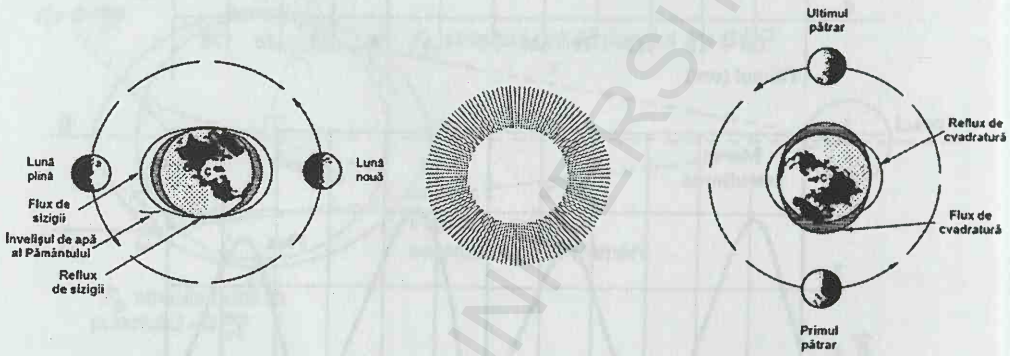


Figura 2.14 Poziţia Lunii şi Soarelui în cazul mareelor de sizigii şi de cvadratură (după Grzimek, 1988)

Întrucât între două maree consecutive există un interval de 12h25', mareele înalte se produc zilnic cu 50' întârziere, cu alte cuvinte în dreptul fiecărui meridian fluxul şi refluxul nu durează 6 ore, ci cu 12'30" mai mult.

Dacă în largul oceanelor mareele au o amplitudine mai mică, în schimb în zona ţărmurilor înălţimea lor creşte, uneori considerabil, mai cu seamă în golfurile oceanice în formă de pâlnie. Astfel, în Golful Fundy (Nova Scotia) mareea are o amplitudine de 18,5 m. Maree însemnată are loc şi în golful Saint Malo de pe coastele nordice ale Franţei. Aici stânca de granit, înaltă de 50 m, în vârful căreia se află cunoscuta mănăstire-fortăreaţă benedictină Mont Saint-Michel devine insulă în momentul fluxului, care ridică apele cu 10 m, şi peninsulă în timpul refluxului.

Dacă valurile influenţează numai pătura superficială a oceanelor şi mărilor, curenţii produşi de maree se resimt la mari adâncimi, răscolesc fundul oceanului în dreptul platformei continentale, deplasează bancuri imense de nisip, pătrund în timpul fluxurilor de-a lungul gurilor de vărsare ale râurilor şi fluviilor care debuşează prin largi estuare (Sena, Tamisa, Elba, Gironde, Congo, Amazon ş.a.) (vezi şi Estuarele, Capitolul 5.1). În schimb, în mările intercontinentale, unde efectul mareelor este practic neînsemnat, fluviile au putut construi în linişte, de-a lungul timpului, delte adesea impresionante ca formă şi mărime, cum ar fi cele ale Nilului, Dunării, Ronului Volgăi etc.

Se întâmplă chiar ca valurile produse de flux să nu se limiteze doar la a pătrunde pe gura fluviilor, ci înaintează adânc pe cursul inferior al acestora, împiedicând împotmolirea cu aluviuni. Fenomenul respectiv este cunoscut sub numele de *bora* pe

Gange, de *mascarét* în Franţa şi *pororóca* în zona Amazonului şi se manifestă prin „întoarcerea" cursului normal al apelor, care încep să curgă în amonte. Impresionant este mai ales valul de apă sărată înalt de 4,5 m, pornit din apele Atlanticului, care înaintează de-a lungul Amazonului până la Obidos, oraş aflat la peste 800 km de gura fluviului!

Există dovezi certe că în trecut Luna era mai aproape de Pământ, iar mareele aveau amplitudinea mult mai mare. Reducerea treptată a vitezei de rotaţie a Pământului a avut drept efect şi creşterea vitezei de rotaţie a Lunii în jurul Pământului, făcând-o să se îndepărteze din ce în ce mai mult de planeta noastră. După inelele de creştere a coralilor s-a apreciat că în urmă cu aproximativ 400.000 de ani numărul zilelor dintr-un an era de 400, ceea ce evident a afectat şi frecvenţa mareelor.

2.4. SEDIMENTELE MARINE

Cea mai mare parte a fundului oceanelor este acoperită de diverse sedimente mobile. Excepţie fac unele zone în care curenţii de fund sunt destul de puternici sau unde pantele sunt foarte mari, astfel încât roca-mamă iese la zi. Grosimea sedimentelor variază de la o zonă oceanică la alta, putând atinge 3 km în Marea Mediterană sau 8 km în Oceanul Pacific. Sedimentele marine sunt împărţite în două mari grupe: *sedimente terigene*[33] şi *sedimente pelagice*[34].

Sedimentele terigene

Sedimentele terigene sunt reprezentate prin diferite produse ale dezagregării şi eroziunii rocilor terestre şi care au ajuns pe diferite căi pe fundul oceanelor. Aceste sedimente sunt cantonate în zona şelfului şi a părţii superioare a taluzului continental, ocupând o suprafaţă de aproximativ 90 milioane km^2, adică 25% din totalul suprafeţei fundului oceanic. Sedimentele terigene au un conţinut de materii organice variabil, cu atât mai mare cu cât sedimentele sunt mai fine, acesta fiind de regulă de 0,01-0,5% din greutatea uscată. Caracteristică pentru toate sedimentele terigene este rata de sedimentare mare, putând ajunge în unele cazuri la 100 cm/1000 ani.

Cea mai mare parte a sedimentelor terigene o constituie *depunerile litorale*, care acoperă o suprafaţă de 34 de milioane km^2. Ele au o compoziţie eterogenă şi o provenienţă diferită. Cele mai multe dintre acestea provin din suspensiile minerale sau organice aduse de către fluvii şi care după un anumit timp se depun pe fund. Alte materii terestre, ca de exemplu particulele de praf sau de loess fin ale deşerturilor sau cenuşa vulcanică, sunt transportate şi depuse în oceane de către vânt. O altă categorie de sedimente terigene o constituie *mâlurile glauconitice*, care s-au format în urma topirii unor calote de gheaţă plutitoare (aisberguri).

Sedimentele pelagice

Sedimentele pelagice sunt formate din resturile organice rezultate în urma descompunerii organismelor moarte şi a interacţiunii acestora cu apa în timpul căderii libere spre adânc, din schelete lor şi din coloizi de origine terigenă, mai ales cu conţinut

[33] *Terra* = Pământ; *génesis* (gr.) = origine
[34] *pélagos* (gr.) = mare deschisă

argilos, ce floculează lent. Ele se găsesc în zonele adânci şi acoperă peste 75% din suprafaţa fundului oceanelor. În funcţie de natura chimică a fracţiunii organogene, aceste sedimente se clasifică în: (1) *mâluri calcaroase*, (2) *mâluri silicioase* şi (3) *argila roşie* a fundurilor adânci. Mâlurile calcaroase sunt răspândite preponderent la adâncimi mai mici de 5400 m. Deoarece solubilitatea carbonatului de calciu creşte odată cu adâncimea, cantitatea de carbonat de calciu din sedimente scade şi începând cu 5400 m adâncime acestea constau aproape exclusiv din maluri silicioase şi argilă roşie. Rata de sedimentare a acestor depozite biogene este de 10-50 mm/1000 ani (Ross, 1976).

1. *Mâlurile calcaroase* conţin carbonat de calciu în proporţii ce variază între 30 şi 95%, cu o medie de aproximativ 65%. După organismele care îi dau naştere, mâlurile calcaroase pot fi: (a) *mâluri cu globigerine*, (b) *mâluri cu pteropode* şi (c) *mâluri cu cocolite*.

a) *Mâlurile cu globigerine* au cea mai mare răspândire în Oceanul Atlantic (unde ocupă 68% din suprafaţa fundului), în Oceanul Indian şi Pacific (câte 50% din suprafaţă). Mâlul este alcătuit predominant din căsuţele foraminiferelor pelagice (*Globigerina*), în care proporţia de carbonat de calciu poate ajunge la 95%. Mâlurile cu globigerine sunt prezente mai ales în zonele calde şi temperate la adâncimi cuprinse între 3600-5900 m, ocupând o suprafaţă de 130 milioane km^2 (fig. 2.15).

b) *Mâlurile cu pteropode* constau în cea mai mare parte din resturile de cochilii ale moluştelor pelagice, în special pteropode. Mâlurile cu pteropode sunt răspândite în partea de sud a Oceanului Atlantic, la adâncimi de până în 3500 m şi ocupă o suprafaţă de 1,3 milioane km^2.

c) *Mâlurile cu cocolite* sunt sedimentele în care proporţia scheletelor calcaroase ale flagelatelor cocolitoforide reprezintă peste 25%. Acestea se întâlnesc cu precădere în depozitele oceanice din zonele calde.

2. *Mâlurile silicioase* conţin până la 20% bioxid de siliciu şi carbonat de calciu în proporţii variabile. Acestea pot fi după natura organismelor din care provin: (a) *mâluri cu diatomee*, (b) *mâluri cu radiolari* şi (c) *mâluri cu silicoflagelate*.

a) *Mâlurile cu diatomee* reprezintă cele mai importante sedimente silicioase, fiind alcătuite din fragmente de exoschelete de diatomee. Suprafaţa acoperită de mâluri cu diatomee reprezintă aproximativ 26,5 milioane km^2. Au o culoare gălbuie sau brună şi sunt caracteristice apelor circumpolare, unde durata zilei estivale şi bogăţia în elemente minerale determină adevărate înfloriri anuale de fitoplancton, a cărui componenţă de bază o constituie diatomeele. Adâncimea maximă la care se situează sedimentul este de aproximativ de 3500 m.

b) *Mâlurile cu radiolari* sunt formate mai ales din schelete de radiolari, a căror proporţie poate ajunge la peste 70% şi ocupă o suprafaţă de 10,4 milioane km^2. Acestea se întâlnesc în apele tropicale ale Oceanelor Pacific şi Indian la adâncimi cuprinse între 4000 şi 8000 m.

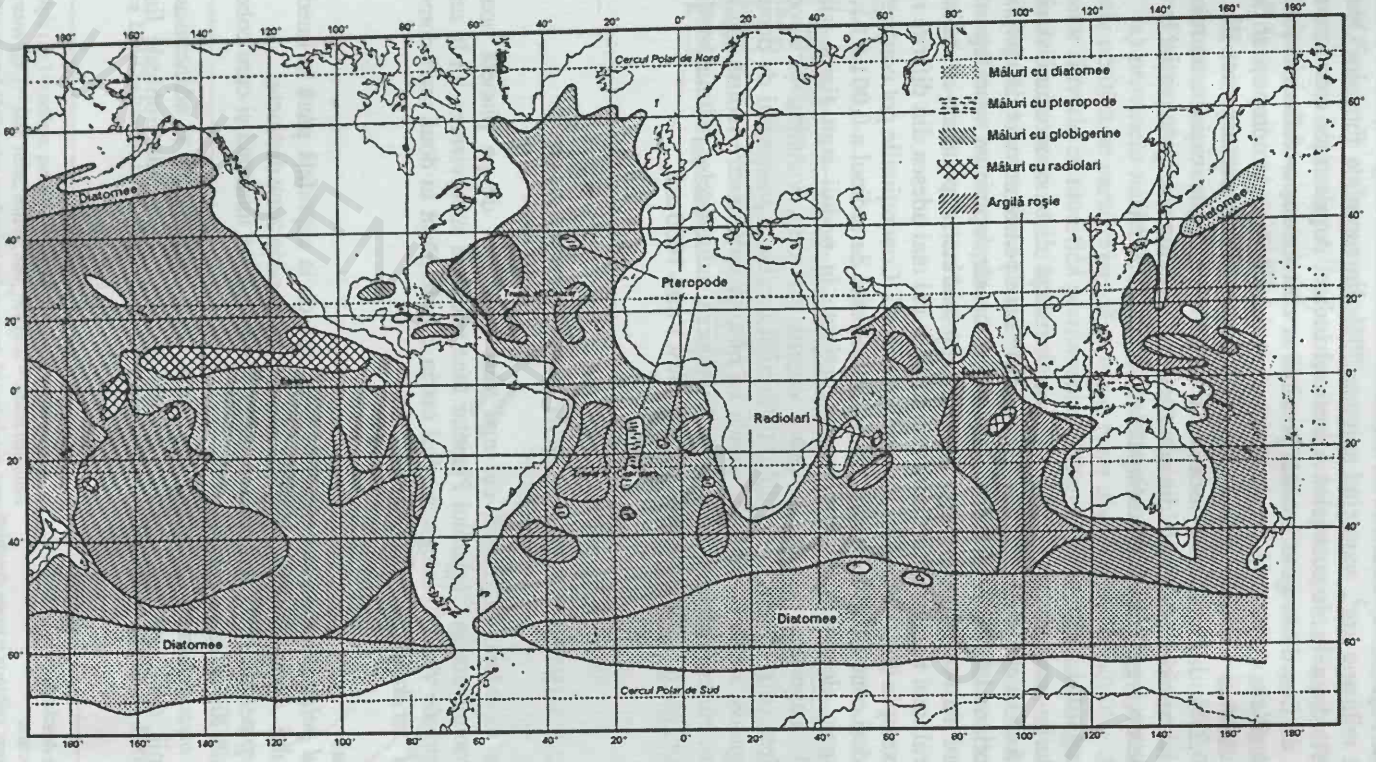


Figura 2.15 Distribuţia generală a sedimentelor marine (după Tait, 1970)

3. *Argila roşie* este localizată la adâncimi mai mari de 6000 m. Ea ocupă o suprafaţă de 102 milioane km^2, acoperind aproape 50% din suprafaţa fundului Oceanului Pacific şi câte 25% din cele ale oceanelor Atlantic şi Indian. Argila roşie este formată din particule extrem de fine de origine incertă, prezintă o culoare roşie-cărămizie şi conţine aproximativ 50% siliciu, 20% oxid de aluminiu şi cantităţi reduse de compuşi ai fierului, magneziului, calciului şi urme ale altor metale. Conţinutul de materie organică din argila roşie este sub 0,25% din greutatea uscată. Se admite că argila roşie este rezultatul sedimentării argilei coloidale antrenate din zona neritică, deci are o origine parţial terigenă. Rata de sedimentare a argilei roşii este estimată la 2-6 mm/1000 ani.

Nodulii fero-manganoşi

Pe fundurile acoperite de argilă roşie se formează nişte concreţiuni sferice cu diametrul de până la 15 cm, asemănătoare unor cartofi, care poartă numele de *noduli fero-manganoşi*. Alteori, nodulii se prezintă sub forma unor cruste depuse pe suprafaţa rocilor. Aceste concreţiuni fero-manganoase precipită din apa marină, depunându-se în straturi concentrice în jurul unui nucleu iniţial, care este alcătuit cel mai adesea din diferite resturi organice, ca de exemplu dinţi de rechini sau otolite de peşti. Concreţiunile pot conţine până la 24% mangan, deşi concentraţia acestuia în apa marină este de ordinul a 0,001-0,01 mg/l. În afară de mangan, elemente mai importante conţinute în noduli sunt fierul, siliciul, aluminiul, sodiul, magneziul, titanul, nichelul, cuprul, cobaltul, vanadiul şi zirconiul. Deoarece acoperirea cu sediment a nodulului determină încetarea procesului de depunere, nodulii fero-manganoşi sunt distribuiţi în zonele cu rată de sedimentare redusă sau acolo unde prezenţa unor curenţi puternici împiedică acumularea sedimentelor. Ritmul mediu de creştere a nodulilor fero-manganoşi este de aproximativ 1 mm/1000 ani.

2.5. DIVIZIUNILE BIOLOGICE ALE OCEANULUI

Oceanele şi mările reprezintă cel mai vast ecosistem de pe planeta noastră. Dimensiunea şi complexitatea Oceanului Planetar face necesară subdivizarea lui în unităţi mai mici. Din punct de vedere biologic mediul marin este împărţit în două mari domenii: *domeniul pelagial*[35] şi *domeniul bental*[36] (fig. 2.16).

Domeniul pelagial

Domeniul pelagial reprezintă toată masa de apă de la suprafaţă până în imediata vecinătate a fundului. Acest domeniu cuprinde pe verticală o serie zone distincte:

a) *zona epipelagică*[37] corespunde cu zona eufotică, bine luminată şi care coboară până la aproximativ 200 m adâncime;

b) *zona mezopelagică*[38] este cuprinsă între zona epipelagică şi adâncimea de dispariţie a luminii, deci este echivalentă cu zona disfotică. În zonele tropicale limita

[35] *pélagos* (gr.) = mare deschisă
[36] *benthos* (gr.) = adâncime
[37] *epi* (gr.) = pe, deasupra; *pélagos* = mare deschisă
[38] *mésos* (gr.) = mijlociu, intermediar; *pélagos* = mare deschisă

inferioară a mezopelagialului coincide cu izoterma de 10°C şi care se situează pe la 700-1000 m în funcţie de regiunea geografică;

c) *zona batipelagică*[39] reprezintă masa de apă cuprinsă între izotermele de 10 şi 4°C. Limita de adânc a acestei zone se situează la circa 2000-4000 m;

d) *zona abisopelagică*[40] coboară până la aproximativ 6000 m adâncime;

e) *zona hadopelagică*[41] reprezintă apele care se găsesc sub 6000 m şi ajung până la cele mai mari adâncimi.

Pe orizontală domeniul pelagial este divizat în două mari zone:

a) *provincia neritică*[42] care cuprinde apele situate deasupra platoului continental. Provincia neritică se caracterizează printr-o mare diversitate a condiţiilor de viaţă, datorită atât apelor fluviale ce modifică permanent salinitatea, cât şi a curenţilor litorali, a valurilor şi a mişcărilor ascendente ale apei ce aprovizionează permanent această zonă cu substanţe nutritive, ajutând la creşterea abundentă a planctonului. Prezenţa planctonului atrage peştii şi alte organisme marine exploatabile, ceea ce face din provincia neritică zona cea mai productivă din punct de vedere biologic.

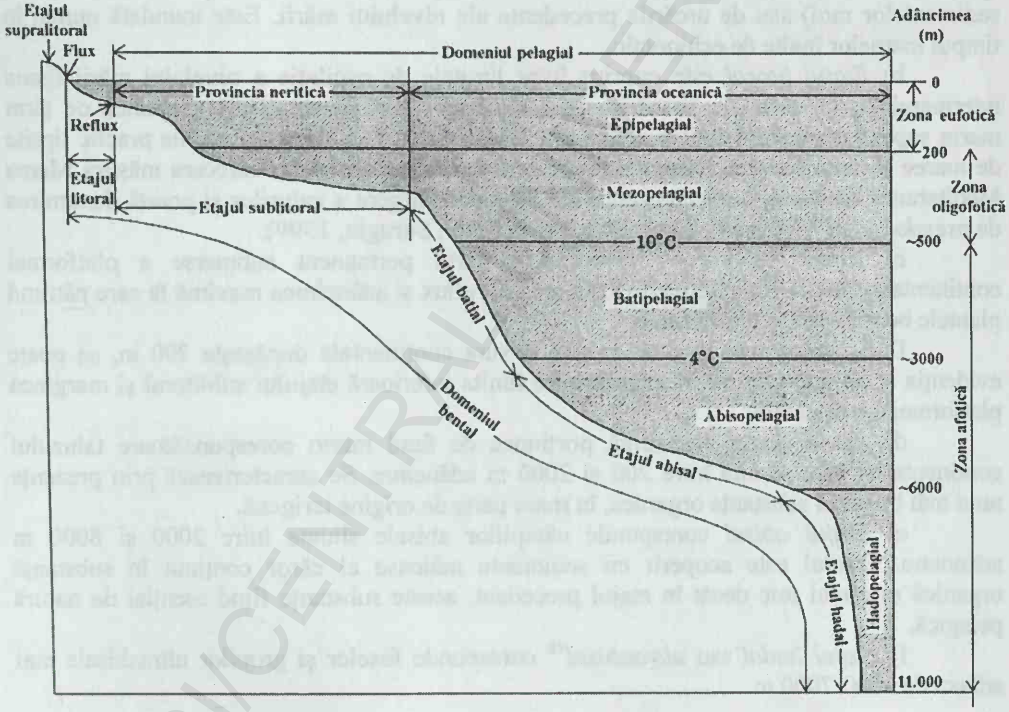


Figura 2.16 Diviziunile mediului marin (după Hedgpeth, 1957, modificat din Nybakken, 1988)

[39] *bathýs* (gr.) = adânc; *pélagos* = mare deschisă
[40] *ábyssos* (gr.) = fără fund, infern, iad; *pélagos* = mare deschisă
[41] Hadés = zeul tărâmului umbrelor celor morţi în mitologia greacă
[42] Nerine = nimfa mărilor în mitologia greacă

BCU IASI CENTRAL LIBRARY

b) *provincia oceanică*[43], corespunzătoare apelor din largul mărilor şi oceanelor, situate dincolo de marginea platformei continentale. Provincia oceanică este foarte puţin influenţată de aportul apelor continentale, prezentând o salinitate relativ constantă. Lipsa aproape totală a curenţilor verticali în apele de la suprafaţă determină o concentraţie minimă de substanţe nutritive, de unde şi densitatea redusă a planctonului, ceea ce duce implicit la productivitate biologică mai scăzută decât cea a provinciei neritice.

Domeniul bental

Domeniul bental reprezintă stratul de apă din apropierea nemijlocită a fundului mărilor şi oceanelor şi chiar apa din substrat. Domeniul bental este divizat în funcţie de pătrunderea luminii, de expunerea la acţiunea valurilor şi mareelor, de distribuţia sedimentelor, într-o serie de etaje după cum urmează:

a) *Etajul supralitoral*[44] reprezintă fâşia îngustă a ţărmului marin situată deasupra nivelului maxim de pătrundere a valurilor şi umezită doar de stropii proveniţi de la spargerea valurilor (în cazul substratului dur), de fenomenele de capilaritate (în cazul sedimentelor moi) sau de urcările precedente ale nivelului mării. Este inundată numai în timpul mareelor înalte de echinocţiu.

b) *Etajul litoral* este cuprins între limitele de oscilaţie a nivelului mării (zona intermareică). În oceanele şi mările deschise zona litorală reprezintă porţiunea de ţărm marin supusă regulat fluxului şi refluxului (*eulitoral*[45]), în timp ce în mările practic lipsite de maree (Marea Neagră, Marea Baltică, Marea Caspică şi într-o oarecare măsură Marea Mediterană) acest etaj este reprezentat de zona de spargere a valurilor şi poartă denumirea de *pseudolitoral*[46] (Arnoldi, 1948; Mokievski, 1949; Surugiu, 1999).

c) *Etajul sublitoral*[47] corespunde părţii permanent submerse a platformei continentale, situată între limita de jos a apei la reflux şi adâncimea maximă la care pătrund plantele bentonice fotosintetizante.

Dacă adâncimea la care se află flexura continentală depăşeşte 200 m, se poate evidenţia şi un *etaj elitoral*, răspândit între limita inferioară etajului sublitoral şi marginea platformei continentale.

d) *Etajul batial* reprezintă porţiunea de fund marin corespunzătoare taluzului continental şi care se află între 200 şi 2000 m adâncime. Se caracterizează prin prezenţa unui mâl bogat în substanţe organice, în mare parte de origine terigenă.

e) *Etajul abisal* corespunde câmpiilor abisale situate între 2000 şi 6000 m adâncime. Fundul este acoperit cu sedimente mâloase al căror conţinut în substanţă organică este mai mic decât în etajul precedent, aceste substanţe fiind esenţial de natură pelagică.

f) *Etajul hadal* sau *ultraabisal*[48] corespunde foselor şi gropilor ultraabisale mai adânci de 6000-7000 m.

---

[43] Okeanos = zeul apelor în mitologia greacă
[44] *supra* (lat.) = deasupra; *litus* = mal, ţărm
[45] *éu* (gr.) = adevărat; *litus* (lat.) = mal
[46] *pséudos* (gr.) = fals; *litus* (lat.)= mal
[47] *sub* (lat.) = sub; *litus* = mal
[48] *ultra* (lat.) = peste; *ábyssos* (gr.) = fără fund, infern, iad

Etajele enumerate pot fi grupate în două mari sisteme: *sistemului litoral* şi *sistemul profundal*. *Sistemul litoral* conţine etajele supralitoral, litoral, sublitoral şi elitoral şi reprezintă porţiunea de fund marin cuprinsă între limita superioară a zonei supuse acţiunii mării până la izobata de aproximativ 200 m, adâncime corespunzătoare limitei convenţionale a platformei continentale. *Sistemul profundal* reprezintă fundurile situate în afara platformei continentale şi cuprinde etajele batial, abisal şi hadal.

Între fundul marin şi masa de apă se realizează un schimb permanent de organisme vii, hrană şi substanţe minerale dizolvate. De aceea, graniţele dintre diferitele diviziuni ale oceanului sunt de cele mai multe ori convenţionale.

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Capitolul 3

COMUNITĂȚILE PELAGIALULUI

Pelagosul cuprinde totalitatea viețuitoarelor care trăiesc în masa apei, fără nici un contact cu fundul. Organismele pelagice se grupează în două mari formațiuni: *planctonul* și *nectonul*. Tot aici pot fi încadrate și comunitățile organismelor asociate peliculei superficiale a apei – *neustonul* și *pleustonul*.

3.1. PLANCTONUL MARIN

Planctonul[49] este o asociație complexă, alcătuită din organisme vii care se mențin în stare de plutire liberă mai mult sau mai puțin pasivă în masa apei și care nu se pot opune prin mișcări proprii deplasării maselor de apă (curenți, valuri, mișcări de convecție etc.) din cauza lipsei sau a dezvoltării relativ slabe a organelor de locomoție.

Clasificarea planctonului

Din punct de vedere al rolului trofic planctonul se împarte în plancton bacterian sau *bacterioplancton*, plancton vegetal sau *fitoplancton* și plancton animal sau *zooplancton*. Unele organisme nu pot fi încadrate nici în fitoplancton, nici în zooplancton, deoarece, deși pot realiza fotosinteza, se hrănesc cu alte organisme planctonice. Pentru astfel de organisme se folosește termenul de *mixoplancton*[50].

În componența planctonului distingem un *holoplancton*[51] sau *plancton permanent*, reprezentat de organismele planctonice care își desfășoară întregul ciclu de viață în pelagial, și un *meroplancton*[52] sau *plancton temporar*, dat de organismele planctonice care își petrec în pelagial doar anumite stadii de dezvoltare din ciclul lor ontogenetic. Acesta din urmă include stadiile larvare ale animalelor bentonice sau nectonice.

În funcție de dimensiunea organismelor planctonice deosebim următoarele grupe:

---

[49] *planktos* (gr.) = rătăcitor
[50] *mixis* (gr.) = amestec
[51] *holos* (gr.) = întreg
[52] *méros* (gr.) = parte, segment

1) *femtoplancton*[53], cel mai mic plancton, ce conţine organisme cu talia de 0,02-0,2 µm; cuprinde virusurile şi este grupul cel mai puţin cunoscut;

2) *picoplancton*[54], reprezentat de organisme minuscule, de 0,2-2,0 µm dimensiune şi care constă în principal din bacterii;

3) *nanoplancton*[55] sau *plancton pitic*, dat de organismele cu dimensiunea cuprinsă între 2 şi 20 µm; aici intră cele mai mici alge, protozoare şi fungi;

4) *microplancton*[56], ce reuneşte organismele cu dimensiuni cuprinse între 20 şi 200 µm, ca de exemplu marea majoritate a fitoplancterilor, infuzoarele, rotiferele şi crustaceele mici;

5) *mezoplancton*[57], care grupează organismele care măsoară între 0,2 şi 20 mm; aici se încadrează algele coloniale şi marea majoritate a zooplanctonului;

6) *macroplancton*[58], planctonul dimensiunea căruia variază între 2 şi 20 cm; aici intră crustaceele superioare, meduzele, moluştele şi viermii pelagici, chetognatele şi unele salpe;

7) *megaplancton*[59], care cuprinde organismele ale căror dimensiuni depăşesc 20 cm (multe scifomeduze, ca de exemplu *Cyanea arctica*, sifonoforele mari, ctenoforul *Cestus veneris*, salpele coloniale ca *Pyrosoma* etc.).

Organismele din primele trei categorii trec prin cea mai deasă ţesătură de mătase şi pot fi separate numai prin centrifugare, prin filtrare cu filtre fine sau prin decantare, fapt pentru care se mai numeşte şi *plancton de centrifugă* sau *plancton de cameră*. Organismele din celelalte categorii se prind cu ajutorul fileurilor planctonice din pânză de mătase sau prin decantare, de aceea se mai numeşte *plancton de fileu* sau *de decantare*.

După zona în care se situează diferenţiem un *plancton neritic*, adică cel care trăieşte în apele de deasupra platformei continentale, şi un *plancton oceanic*, cel care trăieşte în largul mărilor şi oceanelor. De asemenea, putem deosebi pe verticală un *epiplancton*, ce populează zona epipelagică, adică până în 200 m adâncime, un *batiplancton*, ce se găseşte în zona batipelagică, sub 200 m adâncime şi un *hipoplancton*[60], care este prezent mai ales în apropierea fundului.

Adaptările planctonului

Deoarece protoplasma vie are o densitate ceva mai mare decât cea a apei marine, organismele planctonice au tendinţa de a se scufunda. Lipsa unor adaptări pentru menţinerea în anumite straturi ale apei ar avea consecinţe negative atât pentru fitoplancton ,cât şi pentru zooplancton. Fitoplanctonul s-ar scufunda în păturile la nivelul cărora nu mai pătrunde lumina şi deci nu ar mai putea realiza fotosinteza, iar zooplanctonul s-ar scufunda sub orizonturile de răspândire a fitoplanctonului cu care se hrăneşte. De aceea, pentru plancton este vital să se menţină în orizonturile superficiale ale apei. Acest lucru se poate realiza fie prin mişcări proprii, fie prin diverse adaptări care să le asigure plutirea în masa apei şi datorită mişcărilor maselor de apă.

---

[53] *femten* (dan.) = cincisprezece, aici cu sensul de 10^{-15}
[54] *pico* (sp.) = puţin
[55] *nannos* (gr.) = pitic
[56] *mikros* (gr.) = mic
[57] *mesos* (gr.) = mijlociu
[58] *makros* (gr.) = mare
[59] *megalos* (gr.) = uriaş
[60] *hypo* (gr.) = sub, în jos

Majoritatea organismelor planctonice pot realiza deplasări pe mici distanţe, în special în plan vertical. Copepodele se deplasează prin mişcarea picioarelor toracice, cladocerele se deplasează cu ajutorul antenelor puternic dezvoltate, rotiferele planctonice se mişcă cu ajutorul aparatului rotator, ciliatele tintinoidee se deplasează cu ajutorul cililor, iar înotul meduzelor se realizează prin contractarea umbrelei. De asemenea, multe organisme fitoplanctonice (peridineele şi cocolitoforidele) prezintă capacitatea de deplasare, datorată mişcărilor flagelilor plasmatici.

Alte organisme planctonice, printre care se numără diatomeele, cianobacteriile, radiolarii şi foraminiferele, nu prezintă nici un fel de organe de locomoţie. În acest caz organismele prezintă diferite adaptări menite să reducă viteza cu care acestea se scufundă. Aceleaşi adaptări le găsim şi la organismele care posedă organe de locomoţie.

Ostwald şi Wesenberg-Lund au dedus următoarea relaţie care stabileşte rata de scufundare a unui organism planctonic:

$$Rs = \frac{Gr}{Sp \cdot V}$$

unde: Rs = rata de scufundare;

Gr = *greutatea reziduală* prin care se înţelege diferenţa dintre densitatea organismului şi densitatea apei;

Sp = *suprafaţa portantă* sau suprafaţa organismului care opune rezistenţă la scufundarea în apă;

V = *vâscozitatea apei.*

Din formulă reiese că viteza de scufundare va fi cu atât mai mare cu cât greutatea restantă este mai mare şi invers. La o greutate restantă egală cu zero (când organismul are aceeaşi densitate ca apa) se stabileşte echilibrul indiferent, adică organismul nici nu se scufundă, nici nu urcă la suprafaţă. De asemenea, viteza de scufundare este mai mare atunci când vâscozitatea apei este mai mică sau atunci când organismele au o suprafaţa portantă redusă.

Vâscozitatea este influenţată numai de temperatura şi de salinitatea apei (vezi Vâscozitatea apei, Capitolul 1). De aceea, toate adaptările organismelor planctonice pentru reducerea vitezei de scufundare vizează fie reducerea greutăţii restante, fie mărirea suprafeţei portante.

Micşorarea greutăţii reziduale se face prin reducerea formaţiunilor scheletice, prin hidratarea tisulară, prin formarea incluziunilor lipidice sau gazoase şi prin eliminarea ionilor grei din protoplasmă.

Toate organismele planctonice se caracterizează prin *reducerea formaţiunilor scheletice*. Astfel, la diatomeele planctonice exoscheletul este mai uşor în comparaţie cu cel al formelor bentonice, la acestea din urmă frustulele fiind puternic silicifiate şi deci mult mai grele. La eufauziacee şi la amfipodele planctonice crusta este subţire şi slab calcifiată. În mod asemănător, la moluştele pteropode şi heteropode cochilia este foarte slab dezvoltată sau chiar lipseşte complet (fig. 3.11, *E-F*).

Multe plante şi animale planctonice se caracterizează printr-o puternică *hidratare tisulară*. În acest fel, protoplasma lor celulară este mult diluată, ducând la o apropiere a densităţii lor faţă de cea a apei marine şi implicit la reducerea greutăţii reziduale. De pildă, la unele salpe, la ctenoforul *Cestus veneris* şi la trachimeduza *Carmarina* proporţia apei din

corp poate ajunge chiar şi la 99%. De asemenea, hidratarea tisulară duce la formarea unor substanţe gelificate, deosebit de dezvoltate la meduze şi la sifonofore, dar şi la moluştele pelagice, chetognate şi alte animale.

La unele organisme corpul conţine diferite lichide care sunt mult mai uşoare decât apa. Aceste lichide se prezintă mai ales sub formă de *incluziuni lipidice*. Aceste incluziuni uleioase sau grăsimi sunt în principal substanţe de rezervă, dar servesc în acelaşi timp şi la diminuarea greutăţii reziduale. La diatomeele planctonice, de exemplu, primul produs al fotosintezei nu este amidonul, ci nişte uleiuri mai uşoare. Foarte des incluziunile lipidice se întâlnesc şi la diferite animale planctonice. Astfel, la copepode substanţele de rezervă se depun sub carapace sub forma unor picături de ulei. În cazul copepodului *Calanus finmarchicus* se observă chiar formarea unui organ hidrostatic special sub forma depunerilor lipidice situate de-a lungul intestinului. Incluziuni lipidice găsim şi la dinoflagelatul *Noctiluca*, la radiolarul *Spumellaria* şi la icrele pelagice de chefal, cambulă şi scrumbie. Corpul multor radiolari conţine vacuole pline cu un lichid mai uşor decât apa marină (fig. 3.1).

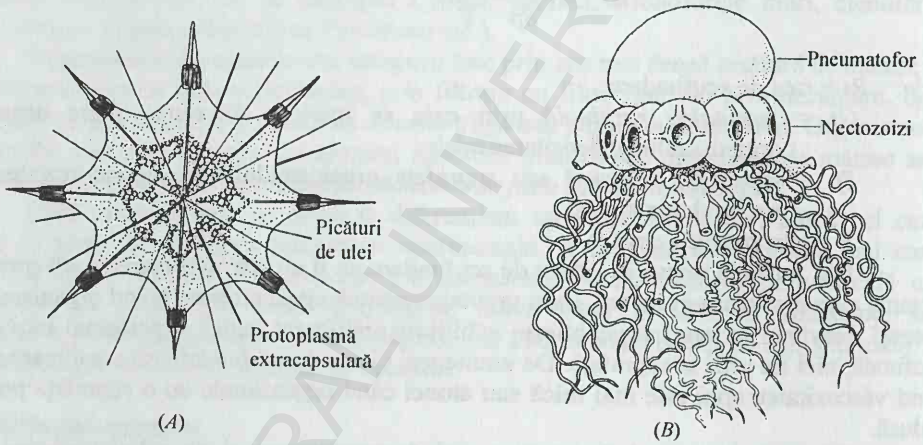


Figura 3.1 Adaptări pentru micşorarea greutăţii reziduale: (*A*) prezenţa unor picături uleioase în protoplasma intracapsulară şi a unor bule pline cu CO_2 în protoplasma extracapsulară la radiolarul *Acanthometra elastica*; (*B*) prezenţa pneumatoforului şi a nectozoizilor la coloniile sifonoforului *Stephalia corona* (după Hyman, 1940, din Nybakken, 1988)

O altă modalitate de micşorare a greutăţii reziduale constă în *dezvoltarea unor incluziuni gazoase şi flotori*. Spre deosebire de incluziunile lichide, practic incompresibile, incluziunile gazoase îşi modifică volumul în funcţie de schimbările de temperatură şi de presiune. De aceea, organismele capabile să regleze presiunea gazului pot să urce sau să coboare în coloana de apă după necesitate. Acest mecanism îl întâlnim, de pildă, la cefalopodul *Nautilus pompilius*, care prezintă o serie de camere umplute cu un gaz (în cea mai mare parte azot) şi care comunică între ele prin intermediul unui sifon. Prin reglarea presiunii din camere, nautilul se poate deplasa pe verticală. Multe sifonofore prezintă un pneumatofor mare, umplut cu aer şi care comunică cu mediul extern printr-un canal (fig. 3.1). Cianobacteriile planctonice conţin în celulele lor numeroase mici vacuole gazoase, cu ajutorul cărora se ridică de pe fund la suprafaţa apei.

Înlocuirea ionilor grei din protoplasmă (Mg^{2+}, Ca^{2+}, SO_4^-) cu cei uşori (Na^+, NH_4^+, Cl^-) asigură, de asemenea, menţinerea unui raport cât mai redus dintre densitatea organismului şi cea a mediului. De exemplu, protoplasma dinoflagelatului *Noctiluca* conţine o mare cantitate de clorură de amoniu care este izoosmotică cu apa marină, dar are o densitate mai mică (1,01 faţă de 1,025 cât are apa marină). În mod asemănător, unele meduze, ctenofore, pteropode, heteropode şi salpe pelagice elimină în mod activ ionul sulfat pentru a-l înlocui cu ionul de clor mai uşor.

Creşterea suprafeţei portante se face pe mai multe căi. Mărimea suprafeţei portante depinde de suprafaţa relativă a corpului şi de mărimea proiecţiei verticale a organismului. Suprafaţa relativă reprezintă raportul dintre suprafaţa absolută şi volumul corpului. Aceasta este minimă la sferă şi de aceea orice abatere de la forma sferică duce la creşterea suprafeţei portante. Devierea de la forma sferică se poate face prin: (a) alungirea corpului, (b) aplatizarea corpului sau (c) emiterea unor prelungiri. Mărimea proiecţiei verticale depinde de poziţia axului sau planului corpului organismului faţă de verticală şi este maximă atunci când axul sau suprafaţa corpului este în poziţie perpendiculară faţă de direcţia de acţiune a forţei gravitaţionale.

Multe specii planctonice se caracterizează prin *alungirea corpului.* O astfel de formă alungită o găsim la *Rhizosolenia* dintre diatomee (fig 3.4), la *Ceratium fusus* dintre peridinee (fig. 3.5) şi la *Sagitta* dintre animale (fig. 3.11). În mod obişnuit poziţia acestor organisme este orizontală, deoarece în acest caz mărimea proiecţiei verticale a organismului este maximă. Dacă sub acţiunea valurilor sau din alte motive această poziţie se schimbă în verticală, organismele încep să se scufunde cu capătul ascuţit în jos. Însă, datorită prezenţei unor excrescenţe sau a formei curbate a corpului, această cădere nu va avea loc rectiliniu, ci după o traiectorie curbă şi, după un timp, organismele îşi vor relua poziţia orizontală. Alungirea se poate realiza şi prin agregarea în colonii, des întâlnită la cianobacterii şi diatomeele planctonice, iar dintre animale la salpe.

La alte organisme planctonice creşterea suprafeţei portante se face prin *aplatizarea corpului* (fig. 3.2). Forma discoidală a corpului o întâlnim la *Coscinodiscus* dintre diatomee, la *Tomopteris* dintre polichete, la *Aurelia aurita* dintre meduze, la unii radiolari şi copepode.

Practic, la majoritatea speciilor planctonice are loc *formarea excrescenţelor* ca modalitate de creştere a suprafeţei portante (fig. 3.2). Prezenţa spinilor, acelor sau a unor apendice este caracteristică diatomeelor (ca de exemplu la *Chaetoceros*), dinoflagelatelor (la *Ceratium*), radiolarilor, foraminiferelor, larvelor de decapode (la *Porcellana*). Aceste excrescenţe conferă o mare rezistenţă la deplasarea în mediu lichid cu un aport mic de greutate.

Deşi pare paradoxal, cele mai multe organisme planctonice îşi măresc suprafaţa portantă prin *reducerea taliei.* Acest lucru se întâmplă deoarece o creştere a dimensiunilor liniare ale unui corp duce la o mărire pătratică a suprafeţei şi la o mărire cubică a volumului. Prin urmare, cu cât un organism este mai mic, cu atât raportul dintre suprafaţa absolută şi volum, adică suprafaţa relativă, va fi mai mare. Din acest motiv organismele planctonice se caracterizează în general prin dimensiuni mici. Acest lucru este valabil mai ales pentru planctonul tropical care, trăind în ape mai calde şi deci mai puţin vâscoase, s-ar fi scufundat mai repede dacă nu ar fi avut mecanisme compensatorii de creştere a suprafei portante.

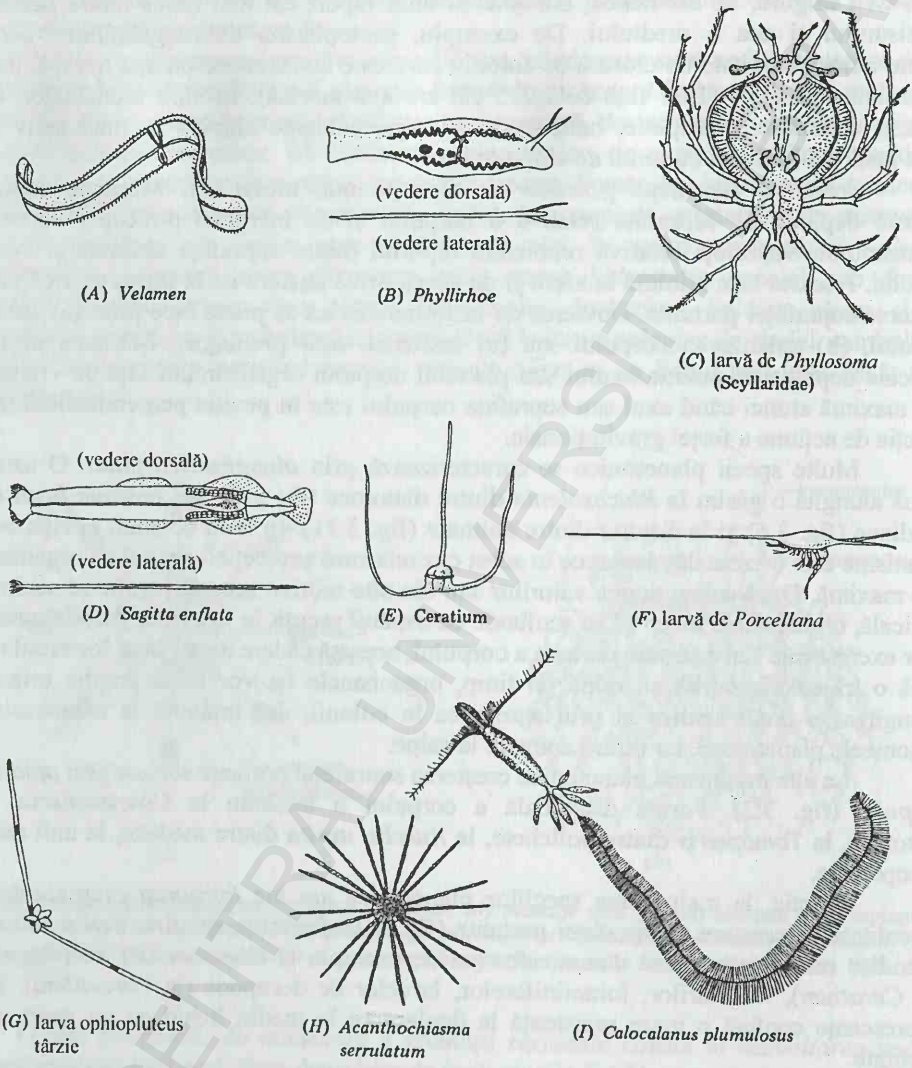


Figura 3.2 Adaptări pentru creşterea suprafeţei portante: aplatizarea corpului la (*A*) ctenofore; (*B*) la gasteropodele pelagice; (*C*) la larvele crustaceelor decapode; (*D*) la chetognate; emiterea unor prelungiri la (*E*) dinoflagelate; (*F*) la larvele crustaceelor decapode; (*G*) la larvele de ofiuride; (*H*) la protozoarele sarcodine; (*I*) la crustaceele copepode (*A-G*, după Wickstead, 1959, *H*, după Newell şi Newell, 1973, *I*, după Wheldon şi Wesley, din Nybakken, 1988)

Un ultim mecanism care contribuie la flotaţia plancterilor nu are de-a face cu adaptările organismelor, ci cu modul de mişcare a maselor de apă. Ziua are loc încălzirea suprafeţei mărilor şi oceanelor, iar noaptea are loc răcirea apei superficiale. Această alternanţă a încălzirii şi răcirii determină variaţii ale densităţii apei şi formarea unor *celule*

de convecţie. Acestea sunt mici mase de apă care urcă sau coboară în funcţie de densitatea lor şi care pot antrena organismele planctonice.

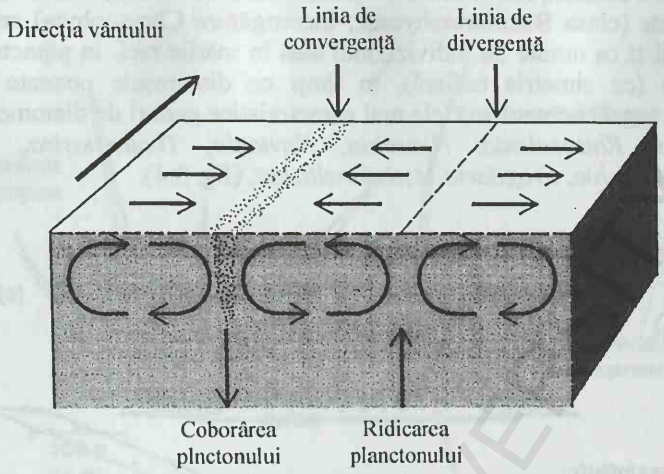


Figura 3.3 Celulele de convecţie Langmuir produse de către vânt (după Nybakken, 1988)

De asemenea, acţiunea vântului asupra suprafeţei apei poate duce la formarea unor *celule de convecţie Langmuir*. Aceste celule iau naştere atunci când viteza vântului depăşeşte 3 m/s. Fiecare celulă Langmuir are o lăţime de 20-30 m şi o lungime de câteva sute de metri. În fiecare celulă vântul provoacă deplasarea apei dinspre centru spre periferie (divergenţă), unde aceasta se întâlneşte cu masa de apă de la o celulă alăturată. Cele două mase de apă convergente coboară pe o distanţă oarecare, după care se deplasează în direcţii opuse până când întâlnesc din nou mase de apă de la celule învecinate şi urcă din nou la suprafaţă, încizând circuitul (fig. 3.3). Organismele planctonice de la marginile celulelor Langmuir sunt antrenate în jos, iar cele din centrul celulei în sus.

3.1.1. FITOPLANCTONUL MARIN

Fitoplanctonul este alcătuit din bacterii şi alge planctonice fotosintetizante microscopice (dimensiuni de 0,002-1 mm, chiar şi cele coloniale nu depăşesc 5 mm). Deşi unele alge planctonice posedă organe de locomoţie sub formă de flageli, deplasările fitoplanctonului sunt determinate de mişcările apei, de curenţi şi de densitatea organismelor. Fitoplanctonul reprezintă veriga de baza a lanţului trofic deoarece produce prin fotosinteză cantitatea cea mai mare de material organic din cuprinsul Oceanului Planetar.

BCU IAŞI

Compoziția fitoplanctonului marin

Fitoplanctonul marin constă mai ales din diatomee și dinoflagelate, la care se mai adaugă cocolitoforidele, cianobacteriile, criptomonadele, silicoflagelatele și unele alge verzi.

Diatomeele (clasa Bacillariophyceae, încrengătura Chrysophyta) sunt dominante ca număr de specii și ca număr de indivizi, mai ales în mările reci. În plancton predomină diatomee centrice (cu simetrie radiară), în timp ce diatomeele pennate (cu simetrie bilaterală) sunt de regulă bentonice. Cele mai caracteristice genuri de diatomee planctonice sunt *Chaetoceros*, *Rhizosolenia*, *Nitzschia*, *Navicula*, *Thalassiosira*, *Skeletonema*, *Coscinodiscus*, *Biddulphia*, *Fragilaria*, *Asterionella* etc. (fig. 3.4).

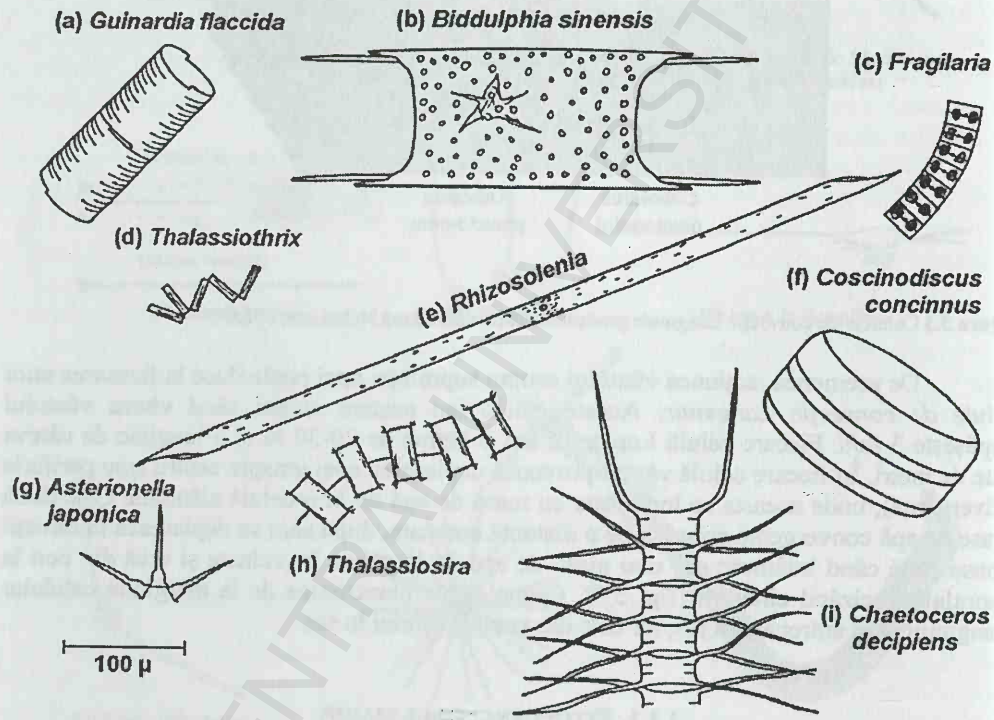


Figura 3.4 Câțiva reprezentanți caracteristici ai diatomeelor planctonice din Atlanticul de nord-est (după Tait, 1971)

Dinoflagelatele (clasa Dinophyceae, încrengătura Pyrrhophyta) sunt în cea mai mare parte forme marine, prezente atât în apele oceanice cât și în cele neritice. Ele sunt mai numeroase în mările mai calde, în care pot fi mai numeroase decât diatomeele, dar se întâlnesc și în mările reci, mai ales vara și toamna. Dintre dinoficee cele mai comune genuri sunt *Ceratium*, *Peridinium*, *Dinophysis*, *Gonyaulax* etc. (fig. 3.5). Unele dinoflagelate (*Protogonyaulax*, *Gonyaulax* și *Gymnodinum*) sunt responsabile de producerea „mareelor roșii", când din cauza înmulțirii lor exagerate (2-8 milioane celule la litru) apa capătă o culoare roșie-cărămizie. Din cauza producerii de către aceste alge a unei neurotoxine cu

efect foarte puternic (*saxitoxina*), mareele roşii pot afecta alte organisme, cauzând mortalitatea în masă a peştilor şi a nevertebratelor. Multe dinoflagelate, ca de exemplu *Noctiluca*, nu sunt fotosintezante şi se hrănesc holozoic, alte specii sunt saprofite. De asemenea, multe dinoflagelate (inclusuv aceeaşi *Noctiluca*) pot produce bioluminescenţă.

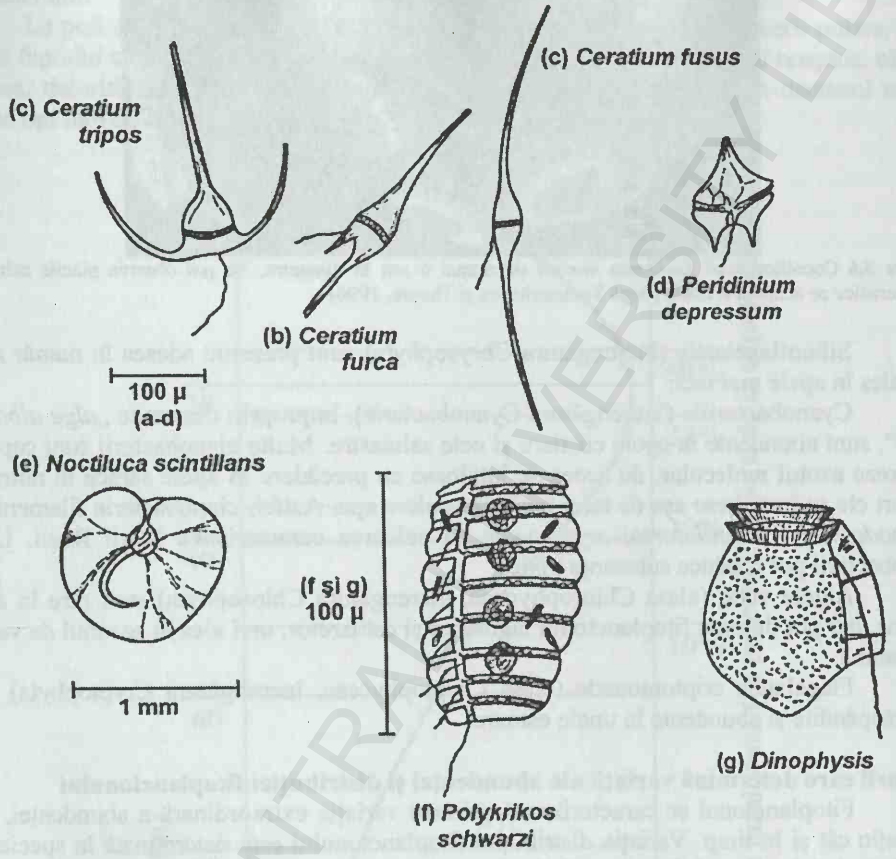


Figura 3.5 Câţiva reprezentanţi caracteristici ai dinoflagelatelor din Atlanticul de nord-est (după Tait, 1971)

Cocolitoforidele (Coccolithophoridae, clasa Haptophyceae, încrengătura Chrysophyta) se întâlnesc frecvent în zonele tropicale şi adesea sunt atât de numeroase în apele de suprafaţă încât conferă acesteia o anumită culoare (fig. 3.6). Uneori cocolitoforidele au fost găsite în număr extrem de mare sub orizontul eufotic, între 200 şi 400 m adâncime şi chiar la adâncimi de 1000-4000 m. În ultima vreme s-a arătat că algele cocolitoforide au o contribuţie majoră la productivitatea primară în multe părţi ale globului.

BCU "LUCIAN BLAGA" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

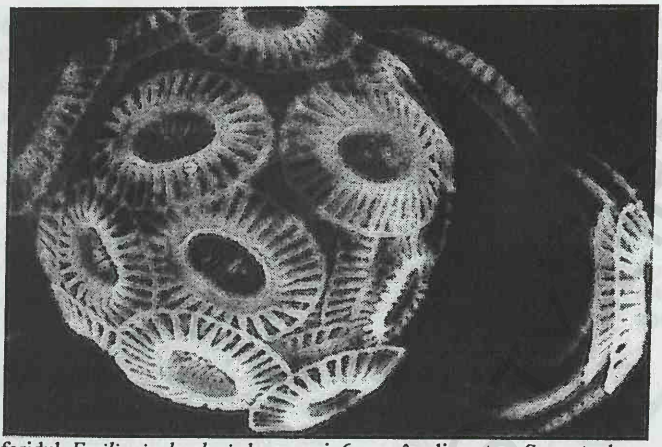


Figura 3.6 Cocolitoforidul *Emiliania huxleyi* de numai 6 μm în diametru. Se pot observa plăcile calcaroase caracteristice ce acoperă celulele (după Summerhayes şi Thopre, 1996)

Silicoflagelatele (încrengătura Chrysophyta) sunt prezente adesea în număr mare, mai ales în apele mai reci.

Cyanobacteriile (încrengătura Cyanobacteria), impropriu denumite *„alge albastre-verzi"*, sunt abundente în apele costiere şi cele salmastre. Multe cianobacterii sunt capabile să fixeze azotul molecular, de aceea se întâlnesc cu precădere în apele sărace în nutrienţi. Uneori ele se înmulţesc aşa de tare, încât pot colora apa. Astfel, cianobacteria filamentoasă *Trichodesmium (Oscillatoria) erythraeum* dă culoarea caracteristică Mării Roşii. Unele cianobacterii pot produce substanţe toxice.

Algele verzi (clasa Chlorophyceae, încrengătura Chlorophyta) sunt rare în apele marine, dar pot domina fitoplanctonul lagunelor şi estuarelor, mai ales în sezonul de vară şi de toamnă.

Flagelatele criptomonade (clasa Cryptophyceae, încrengătura Cryptophyta) sunt larg răspândite şi abundente în unele estuare.

Factorii care determină variaţii ale abundenţei şi distribuţiei fitoplanctonului

Fitoplanctonul se caracterizează printr-o variaţie extraordinară a abundenţei, atât în spaţiu cât şi în timp. Variaţia distribuţiei fitoplanctonului este determinată în special de trei factori: (a) penetrabilitatea radiaţiei luminoase, (b) conţinutul în săruri nutritive şi (c) consumul din partea fitoplanctonofagilor.

Fitoplanctonul este localizat în zona fotică, deoarece are nevoie de lumină pentru realizarea fotosintezei. Dat fiind că intensitatea radiaţiilor luminoase scade progresiv cu adâncimea, ar însemna că maximul fitoplanctonic trebuie să se situeze în straturile superficiale ale apei. În realitate, s-a dovedit că maximul fitoplanctonic se situează la adâncimi ce oscilează între 25-55 m, în funcţie de latitudine şi transparenţa apei (fig. 3.7). În Marea Sargasselor maximul fitoplanctonic se situează la adâncimea de 100 m. Steemann Nielsen (1960) a stabilit o relaţie între fotosinteză şi intensitatea luminii. El a arătat că maximul de fotosinteză se află la adâncimea la care fluxul luminos se reduce la 1/3 din valoarea lui la suprafaţă, care se află în medie la 25 m adâncime. În această zonă, radiaţiile roşii sunt aproape total absorbite, iar cele verzi şi albastre sunt reduse la 1/3 din valoarea

inițială. Lumina puternică poate frâna sau limita dezvoltarea organismelor vegetale, mai ales din cauza acțiunii nocive a radiațiilor UV asupra pigmenților asimilatori.

Un alt factor care influențează cantitatea fitoplanctonului este concentrația apei în săruri nutritive, mai ales azotați și fosfați, dar și fier, mangan și unele vitamine (de ex. vitamina B_{12}). Algele diatomee au în plus nevoie de silicați pentru elaborarea exoscheletului.

La poli densitatea fitoplanctonică maximă se manifestă în cursul verii polare, atât datorită faptului că în cursul verii polare soarele luminează continuu, ziua și noaptea, cât și, mai ales, datorită bogăției mari în substanțe minerale utile acumulate în decursul celor aproape opt luni de iarnă polară.

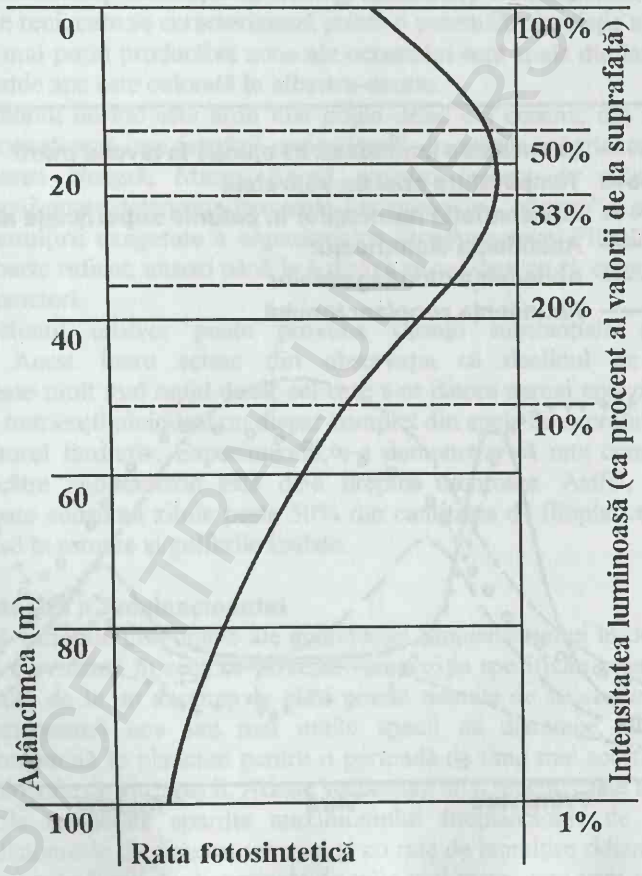


Figura 3.7 Variația intensității fotosintezei în raport cu intensitatea luminoasă. Se poate observa inhibiția fotosintezei în straturile superficiale ale apei (după Steemann Nielsen, 1963, din Nybakken, 1988)

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

În regiunile temperate la începutul primăverii, când durata zilei începe să crească, are loc o înmulțire rapidă a fitoplanctonului, în care predomină doar câteva specii de diatomee. În această perioadă apa capătă o culoare brun-verzuie din cauza densității extraordinare a diatomeelor. Îndată ce rezervele de săruri nutritive din apele de suprafață sunt epuizate are loc un declin al abundenței diatomeelor, astfel încât vara fitoplanctonul nu este foarte abundent. În unele regiuni, spre toamnă se înregistrează un al doilea maxim fitoplanctonic, însă mult mai redus ca amplitudine decât cel de primăvară (fig. 3.8).

Unii cercetători susțin că maximul de primăvara s-ar datora atât creșterii cantității de radiații, cât și formării termoclinei temporare sub care densitatea crește brusc și deci susține fitoplancterii. Primăvara acest strat superficial este subțire, menținând fitoplanctonul în zona bine luminată. Ceva asemănător se întâmplă în regiunile polare și cele cu precipitații puternice, unde apa provenită din topirea gheții sau cea pluvială, mai dulce și deci mai ușoară, împiedică amestecul apei și menține fitoplanctonul în orizonturile superficiale.

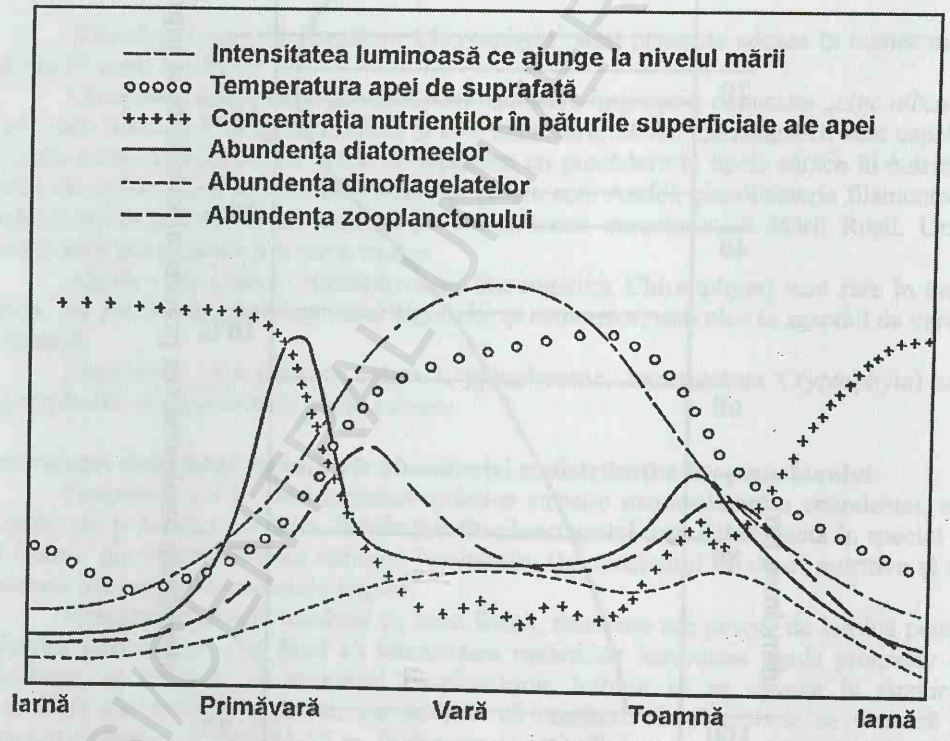


Figura 3.8 Diagramă generalizată ce ilustrează variațiile sezoniere ale intensității luminii, temperaturii, concentrației substanțelor biogene și ale abundenței fito- și zooplanctonului în apele temperate neritice (după Tait, 1971)

În apele tropicale variațiile abundenței fitoplanctonice sunt atenuate datorită uniformității condițiilor de mediu de aici de-a lungul întregului an.

Pe coasta peruviană vânturile constante care bat dinspre uscat determină împingerea apelor litorale spre larg, ceea ce are drept rezultat urcarea curentului rece din sud, cunoscut sub numele de curentul Humboldt, la suprafață. Acest curent de apă scoate la suprafață cantități importante de fosfați și azotați care contribuie la dezvoltarea unui fitoplancton deosebit de abundent. Un fenomen asemănător se petrece pe coasta vest-africană datorită curentului sudic Benguela (al Guineei). Aceste zone de upwelling prezintă un aport permanent de nutrienți din apele adânci, ceea ce permite dezvoltarea fitoplanctonului anul întreg și face din ele cele mai productive zone ale Oceanului Planetar.

Productivitate primară ridicată se constată și în unele zone ecuatoriale ale oceanelor, unde sub acțiunea curenților superficiali divergenți se produce un „sorb" care ridică apele din profunzime (zonele de upwelling ecuatorial). De asemenea, productivitatea este mare în zonele reci, care se caracterizează printr-o puternică circulație a maselor de apă pe verticală. Cele mai puțin productive zone ale oceanului sunt apele din larg, mai ales din zonele alizeelor, unde apa este colorată în albastru-azuriu.

Fitoplanctonul neritic este mult mai bogat decât cel oceanic din cauza aportului nutrienților de pe continent, așa-numitul *outwelling*[61]. În mările mărginașe și mai ales în cele închise (Marea Neagră, Marea Azov), aportul crescut de substanțe nutritive transportate de fluvii poate determina frecvente fenomene de „înflorire" a apelor, care sunt o consecință a înmulțirii exagerate a organismelor fitoplanctonice. Fitoplanctonul are un ritm de creștere foarte ridicat, uneori până la 6 diviziuni celulare pe zi, constituind hrana de bază pentru zooplancteri.

Zooplanctonul erbivor poate provoca variații substanțiale ale abundenței fitoplanctonului. Acest lucru reiese din observația că declinul de primăvară al fitoplanctonului este mult mai rapid decât cel care s-ar datora numai epuizării nutrienților. Mai mult de atât, nutrienții niciodată nu dispar complet din apele de suprafață, cum ar reieși dacă ei ar fi factorul limitativ. Experimental, s-a demonstrat că rata consumului algelor planctonice de către zooplancton este de-a dreptul uimitoare. Astfel, în unele zone zooplanctonul poate consuma zilnic peste 50% din cantitatea de fitoplancton. Acest lucru nu se întâmplă însă în estuare și golfurile izolate.

Succesiunea sezonieră a fitoplanctonului

Pe lângă variațiile pronunțate ale abundenței fitoplanctonului în decursul unui an, există o schimbare evidentă în ceea ce privește compoziția specifică. Această schimbare a speciilor dominante de la un anotimp la altul poartă numele de *succesiune sezonieră*. În cadrul acestei succesiuni una sau mai multe specii de diatomee, dinoflagelate sau cocolitoforide predomină în plancton pentru o perioadă de timp mai scurtă sau mai lungă după care sunt înlocuite de alte specii. Aceste succesiuni au o repetitivitate anuală.

În mările temperate apariția maximumului fitoplanctonic de primăvară este determinată de diatomeele de dimensiuni mici și cu rate de înmulțire ridicate. Acestea sunt urmate la sfârșitul primăverii de diatomeele de talie mai mare, care vara sunt înlocuite de dinoflagelate. În mările tropicale și subtropicale cocolitoforidele și dinofitele predomină în tot lungul anului, deși periodic pot avea loc dezvoltări explozive ale diatomeelor.

[61] *out* (engl.) = afară; *well* = a izvorî

Deoarece aceste succesiuni sezoniere sunt cele mai evidente în apele temperate, cauza acestui fenomen a fost atribuită inițial variațiilor de temperatură. Însă, s-a constatat că unele specii dominante pot apărea la temperaturi diferite. Mai mult de atât, variațiile temperaturii sunt lente, în timp ce speciile dominante se succed cu repeziciune.

O cauză a apariției acestui fenomen ar putea fi variația cantității de substanțe biogene în cursul anului, care ar favoriza specii diferite. Dar și în acest caz există o neconcordanță între ritmul dezvoltării și declinul populațiilor fitoplanctonice și cel al variațiilor concentrației de nutrienți.

O altă explicație a succesiunii este oferită de interacțiunile biologice dintre algele planctonice prin intermediul *ectocrinelor*. Aceste ectocrine sunt substanțe organice secretate sau excretate în cantități extrem de mici de anumite organisme, dar care au efecte semnificative asupra altor organisme, fie prin inhibarea, fie prin stimularea dezvoltării lor. Uneori, acești metaboliți pot afecta dezvoltarea chiar a organismelor care le-au produs.

Ectocrinele fac parte din mai multe categorii de compuși organici. Unele dintre acestea sunt toxine, de genul celor produse de dinoflagelate în timpul „mareelor roșii" și care inhibă dezvoltarea altor alge. Altă categorie de metaboliți este reprezentată de vitamine. Se știe că vitaminele complexului B, în special vitamina B_{12}, tiamina și biotina, sunt absolut necesare dezvoltării algelor. Este posibil că unele specii nu se pot dezvolta normal înainte ca o anumită vitamină, sau grup de vitamine, să fie prezentă în apă și acestea sunt produse de alte specii. Alți compuși organici cu rol inhibitor sau stimulator asupra fitoplancterilor sunt aminoacizii, glucidele și acizii grași.

În fine, există dovezi că speciile fitoplanctonofage selective pot influența compoziția specifică a fitoplanctonului. Multe copepode sau larve de nevertebrate au preferințe în hrănirea cu anumite specii fitoplanctonice, modificând în felul acesta compoziția fitoplanctonului.

Se pare că toți factorii menționați mai sus sunt implicați în producerea succesiunii sezoniere. Importanța fiecărui factor în parte se pare că variază în funcție de specia fitoplanctonică și de condițiile de mediu.

3.1.2. ZOOPLANCTONUL MARIN

În comparație cu fitoplanctonul, care este limitat în distribuția pe verticală numai la orizontul eufotic, zooplanctonul poate fi întâlnit până la cele mai mari adâncimi.

Compoziția zooplanctonului marin

Spre deosebire de fitoplancton, care prezintă o varietate mică de plante, zooplanctonul marin este extrem de divers. În alcătuirea zooplanctonului intră organisme începând cu protozoarele și terminând cu vertebratele.

Holoplanctonul tuturor mărilor și oceanelor este dominat în proporție de 70-90% de crustacee, dintre care cele mai numeroase sunt copepodele (subclasa Copepoda). Unele dintre cele mai comune specii de copepode sunt *Oithona nana*, *Cyclopina gracilis*, *Calanipeda aquaedulcis*, *Calanus finmarchicus*, *Paracalanus parvus*, *Pseudocalanus elongatus*, *Calocalanus plumulosus*, *Acartia clausi*, *Centropages typicus*, *Temora longicornis* etc. (fig. 3.9). Copepodele formează o verigă importantă în lanțul trofic al mării, deoarece, fiind organisme erbivore, realizează transferul de energie de la nivelul producătorilor primari la nivelul carnivorelor.

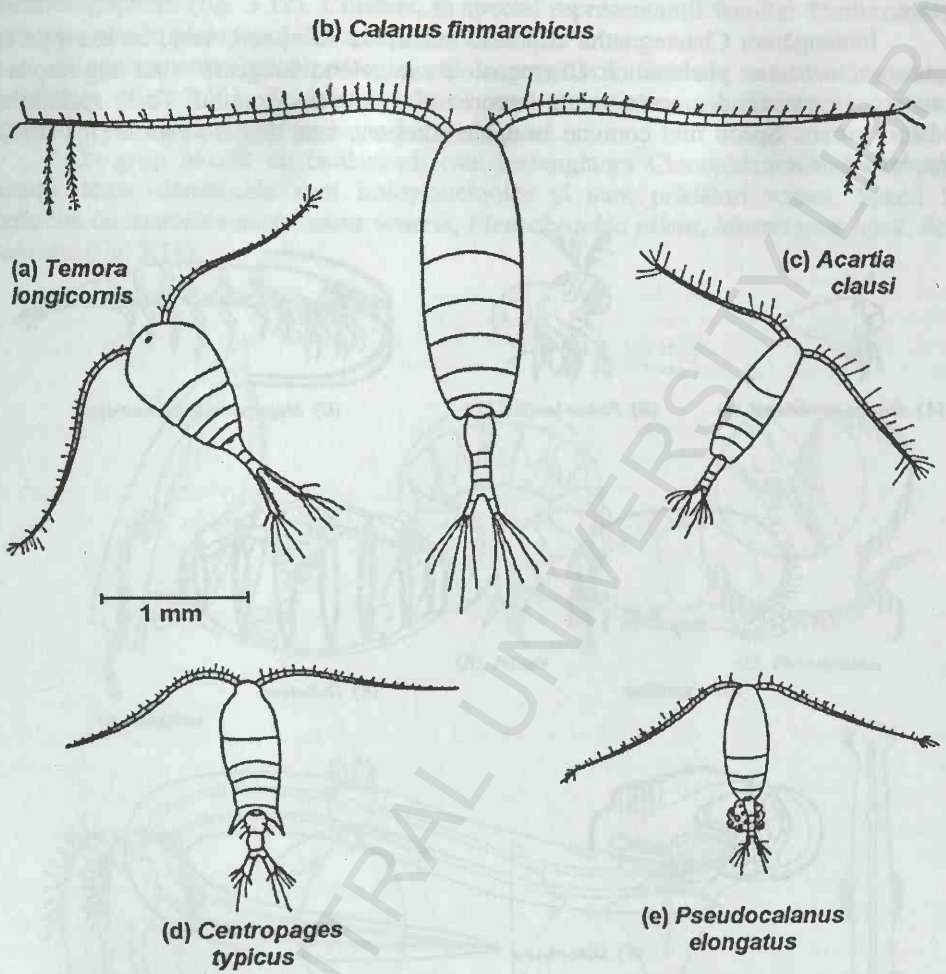


Figura 3.9 Câteva specii comune de copepode planctonice (după Tait, 1971)

Un alt grup de crustacee bine reprezentat în holoplanctonul marin este ordinul Euphausiacea. Specia de talie mare *Euphausia superba*, de circa 5 cm lungime şi cunoscută sub numele de krill, se întâlneşte în cantităţi uriaşe în regiunea antarctică (fig. 8.2). În emisfera nordică cele mai comune eufausiacee sunt *Meganyctiphanes norvegica* (fig. 3.10), *Nyctiphanes* şi *Thysanoessa*.

Alte crustacee care sunt numeroase în holoplanctonul marin fac parte din ordinul Cladocera, cum ar fi *Penilia avirostris*, *Evadne tergestina*, *E. nordmanni*, *E. spinifera*, *Podon leuckarti*, *P. polyphemoides* şi *Polyphemus pediculus* (fig. 3.10), subclasa Ostracoda, ca de exemplu *Cypridina* (fig. 3.10), *Conchoecia* şi *Philomedes*, ordinul Amphipoda, ca de pildă *Euthemisto* şi *Hyperia*. Reprezentanţii ordinului Mysidacea trăiesc

BCU CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

în apropierea fundului, dar sunt uneori prezente în planctonul neritic, mai ales în lagune şi estuare.

Încrengătura Chaetognatha cuprinde numai 65 de specii, care, cu excepţia unui singur gen, toate sunt planctonice. Chetognatele sau „viermii-săgeată" sunt larg răspândite în toate oceanele, fiind o componentă importantă a holoplanctonului. Toate speciile sunt prădători voraci. Specii mai comune în apele europene sunt *Sagitta setosa* (fig. 3.11) şi *Eukrohnia hamata.*

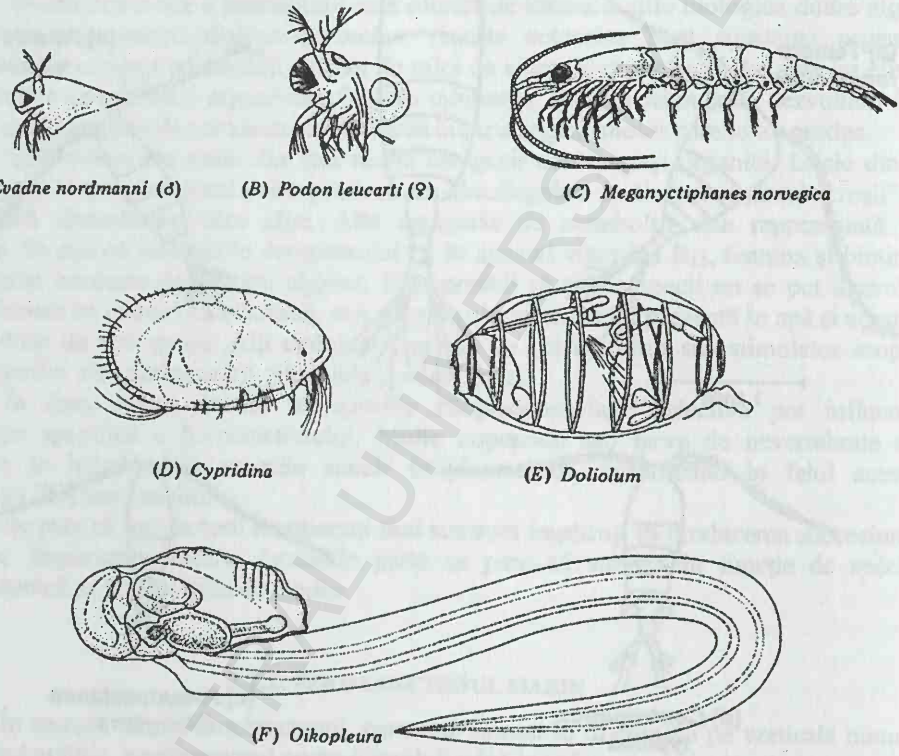


Figura 3.10 Reprezentanţi caracteristici ai holoplanctonului: (*A*, *B*) Ordinul Cladocera, clasa Crustacea; (*C*) Ordinul Euphausiacea, clasa Crustacea; (*D*) subclasa Ostracoda, clasa Crustacea; (*E*) Salpă din clasa Thaliacea; (*F*) Clasa Larvacea (*A*, *B* şi *C* după Newell şi Newell, 1973, *D*, *E* şi *F* după Smith, 1977, din Nybakken, 1988)

Protozoarele sunt de departe cele mai importante organisme holoplanctonice, dar care adeseori sunt trecute cu vederea din cauza dimensiunilor mici şi a dificultăţilor în ceea ce priveşte capturarea lor. Protozoarele se apropie sau chiar depăşesc copepodele în ceea ce priveşte consumul de fitoplancton. Grupurile dominante de protozoare sunt ordinul Foraminiferida şi ordinul Radiolaria (fig. 3.12). Foraminiferele (*Gobigerina, Globorotalia*) prezintă un schelet calcaros, iar radiolarii (*Acanthometron*) un schelet silicios. Reprezentanţii acestor două ordine sunt atât de abundenţi şi de larg răspândiţi, încât scheletele lor au format depozite groase pe arii extinse ale fundurilor marine adânci (vezi Sedimentele pelagice, Capitolul 2). Consumatori primari importanţi sunt ciliatele

(încrengătura Ciliophora) şi micile flagelate nefotosintetizante din încrengăta Sarcomastigophora (fig. 3.12). Ciliatele, în special reprezentanţii familiei Tintinnoidea, se găsesc mai ales în planctonul din apropierea coastelor.

Reprezentanţi holoplanctonici ai încrengăturii Cnidaria sunt scifozoarele şi sifonoforele (fig. 3.11). Scifomeduzele se numără printre cele mai mari organisme planctonice şi câteodată sunt prezente în număr mare.

Un grup înrudit cu cnidarienii este încrengătura Ctenophora. Cu foarte puţine excepţii, toate ctenoforele sunt holoplanctonice şi sunt prădători voraci. Specii larg răspândite de ctenofore sunt *Cestus veneris*, *Pleurobrachia pileus*, *Mnemiopsis leydi*, *Beroe ovata* etc. (fig. 3.11).

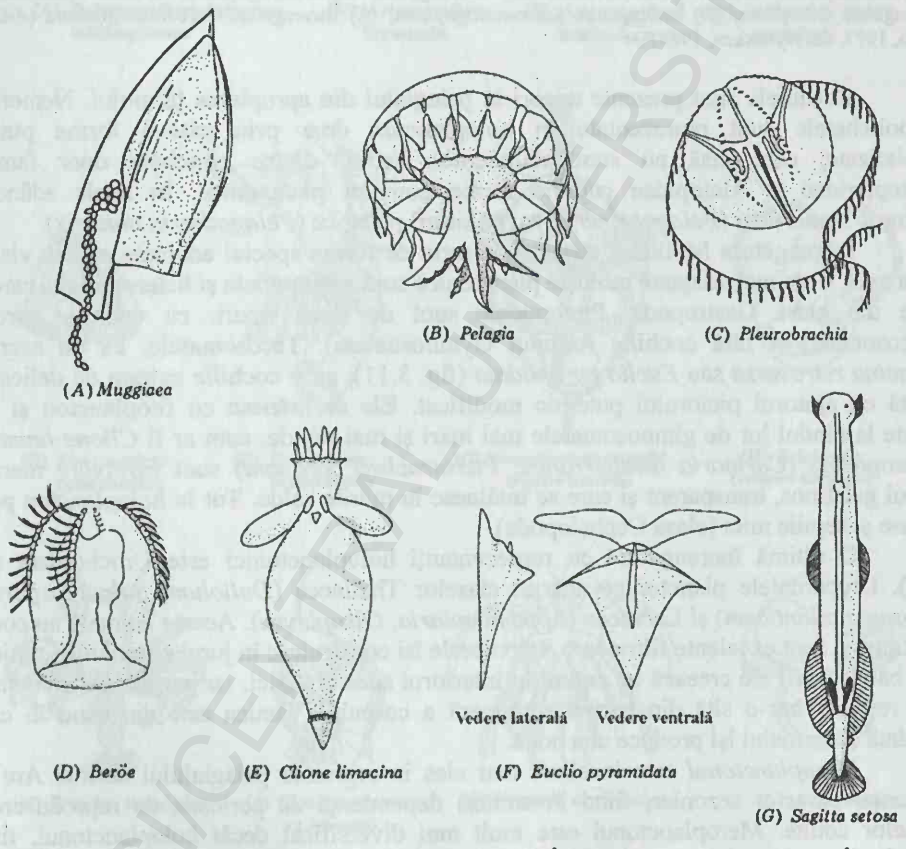


Figura 3.11 Reprezentanţi tipici ai holoplanctonului: (*A*, *B*) Încrengătura Cnidaria; (*C*, *D*) Încrengătura Ctenophora; (*E*, *F*) Încrengătura Mollusca, subclasa Pteropoda; (*G*) Încrengătura Chaetognatha (*A*, *E*, *F* şi *G* după Newell şi Newell, 1973, *B*, *C* şi *D* după Smith, 1977, din Nybakken, 1988)

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

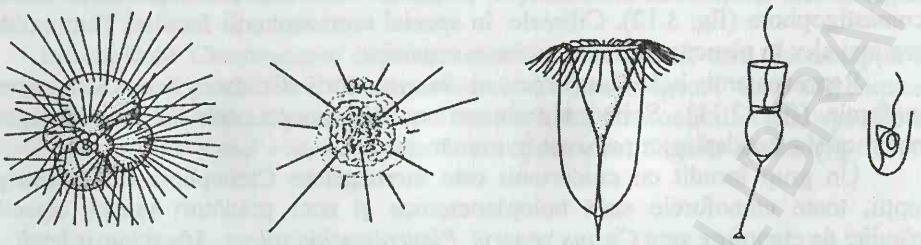


Figura 3.12 Unii reprezentanţi dintre protozoare tipice ce aparţin holoplanctonului: (*A*) Încrengătura Sarcomastigophora, ordinul Foraminiferida; (*B*) Încrengătura Sarcomastigophora, ordinul Radiolaria; (*C*) Încrengătura Ciliophora; (*D*) Încrengătura Sarcomastigophora; (*E*) Încrengătura Sarcomastigophora (*A-C* după Smith, 1977, din Nybakken, 1988)

Rotiferele sunt prezente uneori în pelagialul din apropierea ţărmului. Nemerţienii şi polichetele sunt reprezentate în holoplancton doar prin câteva forme puternic specializate, care însă nu sunt abundente. Astfel, dintre polichete doar familiile Tomopteridae şi Alciopidae cuprind forme complet planctonice. În apele adânci se întâlnesc nemerţieni (*Pelagonemertes*) şi holoturii pelagice (*Pelagothuria natatrix*).

Încrengătura Mollusca cuprinde o serie de forme special adaptate pentru viaţa în masa apei. Cele mai adaptate moluşte planctonice sunt pteropodele şi heteropodele, care fac parte din clasa Gastropoda. Pteropodele sunt de două tipuri: cu cochilie (ordinul Thecosomata) şi fără cochilie (ordinul Gymnosomata). Tecosomatele, ca de exemplu *Limacina retroversa* sau *Euclio pyramidata* (fig. 3.11), au o cochilie extrem de delicată şi înoată cu ajutorul piciorului puternic modificat. Ele se hrănesc cu fitoplancton şi sunt vânate la rândul lor de gimnosomatele mai mari şi mai rapide, cum ar fi *Clione limacina.* Heteropodele (*Carinaria mediterranea, Pterotrachea coronata*) sunt carnivore mari cu corpul gelatinos, transparent şi care se întâlnesc în mările calde. Tot în holoplancton pot fi incluse şi sepiile mici (clasa Cephalopoda).

O ultimă încrengătură cu reprezentanţi holoplanctonici este Urochordata (fig. 3.10). Urocordatele planctonice aparţin claselor Thaliacea (*Doliolum, Salpa fusiformis, Pyrosoma atlanticum*) şi Larvacea (*Appendicularia, Oikopleura*). Aceste animale au corpul gelatinos şi sunt excelente filtratoare. Larvaceele îşi construiesc în jurul corpului o „tunică". Prin bătaia cozii ele creează un curent în interiorul acestei tunici, iar particulele alimentare sunt reţinute într-o sită din partea anterioară a corpului. Tunica este din când în când lepădată şi animalul îşi produce una nouă.

Meroplanctonul este localizat mai ales în regiunile pelagialului neritic. Are un pronunţat caracter sezonier, fiind în strânsă dependenţă de perioada de reproducere a formelor adulte. Meroplanctonul este mult mai diversificat decât holoplanctonul, fiind alcătuit din ouăle şi larvele aparţinând aproape tuturor grupelor de organisme marine. Numărul de forme larvare este chiar mai mare decât cel al speciilor care le dau naştere, întrucât multe specii trec prin mai multe stadii larvare înainte de a ajunge la stadiul de adult. De exemplu, decapodele pot avea până la 18 stadii larvare.

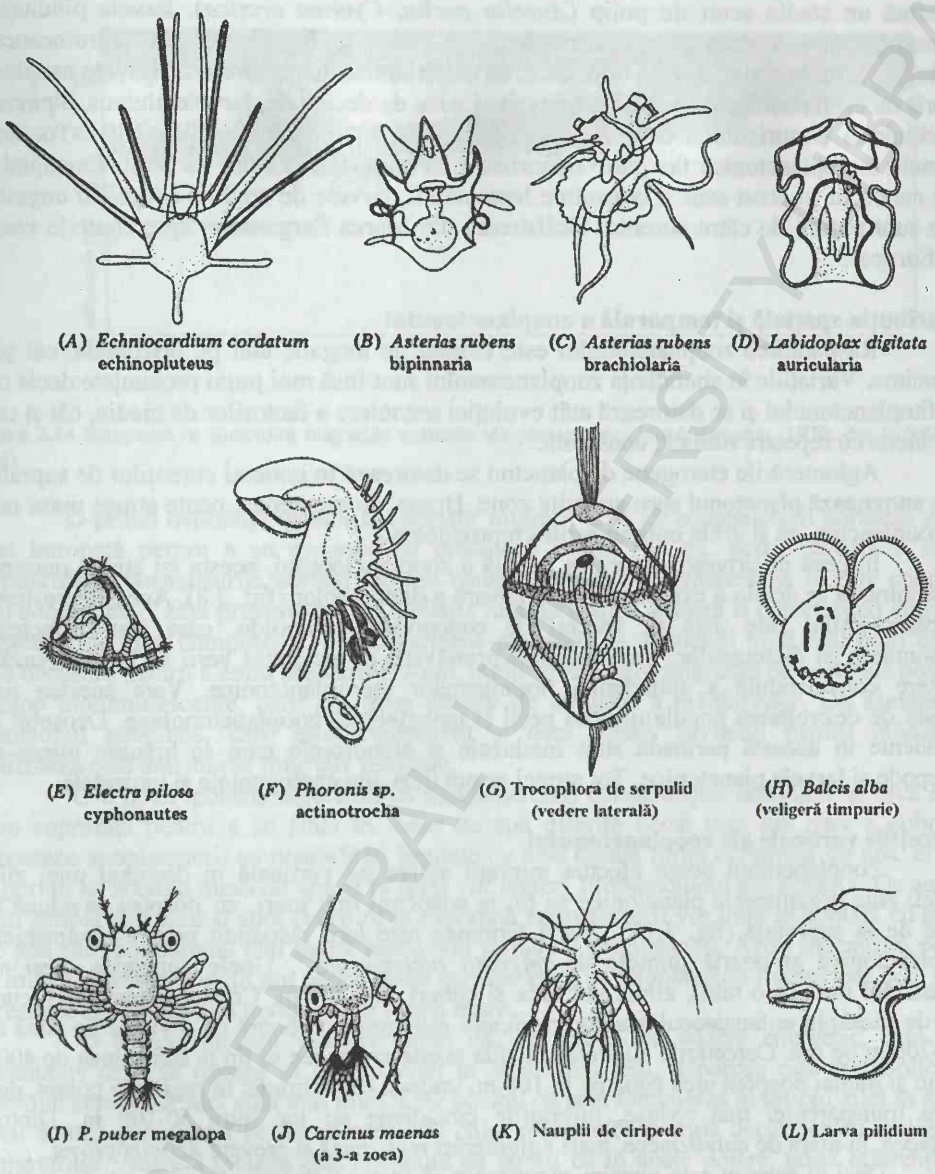


Figura 3.13 Câțiva reprezentanți ai meroplanctonului: (*A*) larvă de arici de mare, încrengătura Echinodermata; (*B*, *C*) larve de stele de mare, încrengătura Echinodermata; (*D*) larvă de castravete de mare, încrengătura Echinodermata; (*E*) larvă de briozoar; (*F*) larvă de foronid; (*G*) larvă de polichet; (H) larvă de gasteropod; (I,J) larvele crustaceelor decapode; (K) larvă de ciriped; (L) larvă de nemerțian (*A-J* după Newell și Newell, 1973, *K-L* după Smith, 1977, din Nybakken, 1988)

BCU "SICENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

În meroplancton intră gemulele de spongieri, hidromeduzele, scifomedize care prezintă un stadiu scurt de polip (*Aurelia aurita*, *Cyanea arctica*), larvele pilidium de nemerțieni, larvele trocophora și nectochaeta de polichete, larvele veligere și protoconca de moluște, larva cyphonautes de briozoare, larva actinotrocha de foronide, larvele nauplius și cypris de ciripede, larvele megalopa, mysis și zoëa de decapode, larvele pluteus, bipinnaria, brachiolaria și auricularia de echinoderme, larvele de ascidii etc. (fig. 3.13). Tot dintre formele meroplanctonice fac parte majoritatea larvelor și alevinilor de pești. Exemplul cel mai cunoscut în acest sens îl constituie leptocefalii, larvele de anghilă (*Anguilla anguilla*), care sunt purtați de către curentul Gulfstream din Marea Sargasselor spre coastele vestice ale Europei.

Distribuția spațială și temporală a zooplanctonului

Răspândirea zooplanctonului este extrem de inegală, atât pe orizontală, cât și în adâncime. Variațiile în abundența zooplanctonului sunt însă mai puțin pronunțate decât cele ale fitoplanctonului și se datorează atât evoluției sezoniere a factorilor de mediu, cât și unor fenomene cu repetare ritmică, constantă.

Aglomerările eterogene de plancton se datorează în general curenților de suprafață care antrenează planctonul spre anumite zone. Hrana, de asemenea, poate atrage mase mari de zooplancton, ca și ariile optime pentru reproducere.

În ceea ce privește dinamica anuală a zooplanctonului, acesta își atinge maximul după intrarea în declin a exploziei de primăvară a diatomeelor (fig. 3.8). Această creștere a zooplanctonului este dată în special de copepodele calanoide, care sunt principalii consumatori ai diatomeelor. Spre sfârșitul primăverii și începutul verii se înregistrează o creștere considerabilă a abundenței organismelor meroplanctonice. Vara acestea sunt urmate de dezvoltarea populațiilor de pești și nevertebrate zooplanctonofage. Deosebit de abundente în această perioadă sunt meduzele și ctenoforele care se hrănesc intens cu copepode și larvele planctonice. Tot atunci se pot dezvolta chetognatele și tunicatele.

Migrațiile verticale ale zooplanctonului

Zooplanctonul poate efectua migrații active pe verticală în decursul unei zile. Astfel, ziua organismele planctonice se țin la adâncimi mai mari, iar noaptea se adună în apele de la suprafață (fig. 3.14). Acest fenomen este larg răspândit printre organismele zooplanctonice și poartă numele de *migrații nictemerale*[62]. Unele copepode, deși au dimensiuni mici (4-6 mm), zilnic pot urca și coborî 100-200 m. Crustacee mai mari, cum este de exemplu eufauziaceul *Meganyctiphanes norvegica*, coboară cu o viteză de până la 130-200 m pe oră. Cercetările au arătat că ziua aceste crustacee se țin la adâncimea de 400-600 m și numai noaptea urcă până pe la 100 m, unde-și caută hrana. În regiunile polare, din cauza transparenței mai reduse, migrațiile circadiene au loc între 50-100 m. Dintre crustacee, în afară de eufauziacee, mari aglomerări realizează și creveta *Acanthophyra*.

Deși în prezent este unanim recunoscut că factorul declanșator al acestor migrații circadiene este lumina, nu există o explicație satisfăcătoare a cauzelor ce determină ca aceste organisme minuscule să consume o cantitate enormă din resursele proprii pentru acest scop. În timp au fost emise mai multe ipoteze care încearcă să lămurească apariția acestui fenomen.

[62] *nyctós* (gr.) = noapte; *méros* = parte

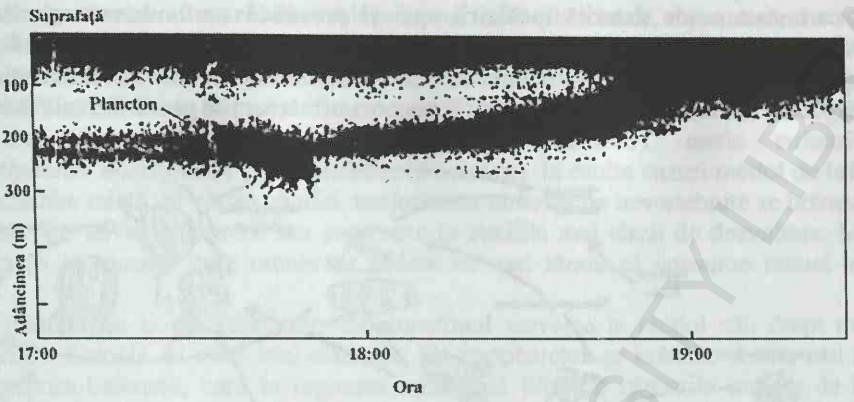


Figura 3.14 Ecogramă ce ilustrează migraţiile verticale ale planctonului (după Farquhar, 1970, din Nybakken, 1988)

O primă explicaţie posibilă a acestor migraţii ar fi că zooplancterii părăsesc zona bine luminată pentru a se ascunde de prădătorii diurni (de ex. peşti, păsări) în zona crepusculară. Neajunsurile acestei ipoteze constau în aceea că adâncimea la care coboară unii zooplancteri ziua prezintă încă suficientă lumină pentru a putea fi detectaţi cu ajutorul organelor de văz. Dimpotrivă, alte organisme migrează la adâncimi mult mai mari decât cele necesare pentru a evita prădătorii. Apoi, multe specii care migrează pe verticală posedă organe bioluminescente, care pot avea efectul de atragere a prădătorilor. De asemenea, planctonul gelatinos, care este transparent şi deci relativ invizibil pentru prădători, realizează cele mai ample migraţii verticale.

O a doua ipoteză sugerează că zooplanctonul coboară spre adâncime şi urcă apoi spre suprafaţă pentru a se situa în mase de apă diferite decât cele din care a coborât. Deoarece zooplancterii au posibilităţi limitate de a se opune forţei curenţilor de apă, ei vor fi purtaţi cu aceeaşi masă de apă şi în timp vor epuiza fitoplanctonul din aceasta. De aceea, prin simpla coborâre şi apoi revenire la suprafaţă zooplancterii vor intra în contact cu mase de apă care pot conţine mai multă hrană sub formă de fitoplancton. Acest mecanism poate fi folosit şi pentru a evita sau părăsi apele care prezintă un fitoplancton foarte dens şi în care prezenţa unor substanţe toxice poate fi mai mare.

O a treia ipoteză vizează faptul că, din punct de vedere energetic, este mai avantajos de a se retrage în timpul zilei în apele mai reci, deoarece rata metabolică şi nevoile energetice aici sunt mai mici. Este posibil ca prin rămânerea în timpul zilei în apele mai adânci şi mai reci să fie economisită chiar mai multă energie decât pentru realizarea migraţiilor. Această ipoteză este susţinută de faptul că în apele polare, unde diferenţa de temperatură dintre apele de suprafaţă şi apele mai adânci este mai mică, migraţiile verticale sunt cel mai rar observate. Dimpotrivă, cele mai ample migraţii verticale au fost observate în apele tropicale, unde gradientul termic dintre suprafaţă şi adânc este foarte puternic.

Unii consideră că există o legătură între intensitatea luminoasă şi posibilităţile de percepere ale ochiului. Ochii animalelor planctonice sunt foarte sensibili la lumină. Din această cauză, acestea ziua fug spre adânc, iar noaptea ies la suprafaţă. Totuşi, animalele planctonice migrează la adâncimi mult mai mari decât cele la care intensitatea luminoasă

poate fi dăunătoare. Fenomenul migrației pe verticală poate fi corelat și cu vâscozitatea apei, care ziua scade datorită încălzirii apei și provoacă scufundarea organismelor, iar noaptea crește și determină ridicarea. Nu trebuie exclusă nici ipoteza conform căreia zooplanctonul se scufundă pentru a permite fitoplanctonului să realizeze fotosinteză și să își refacă efectivul în timpul zilei, astfel încât noaptea următoare să poată fi exploatat din nou.

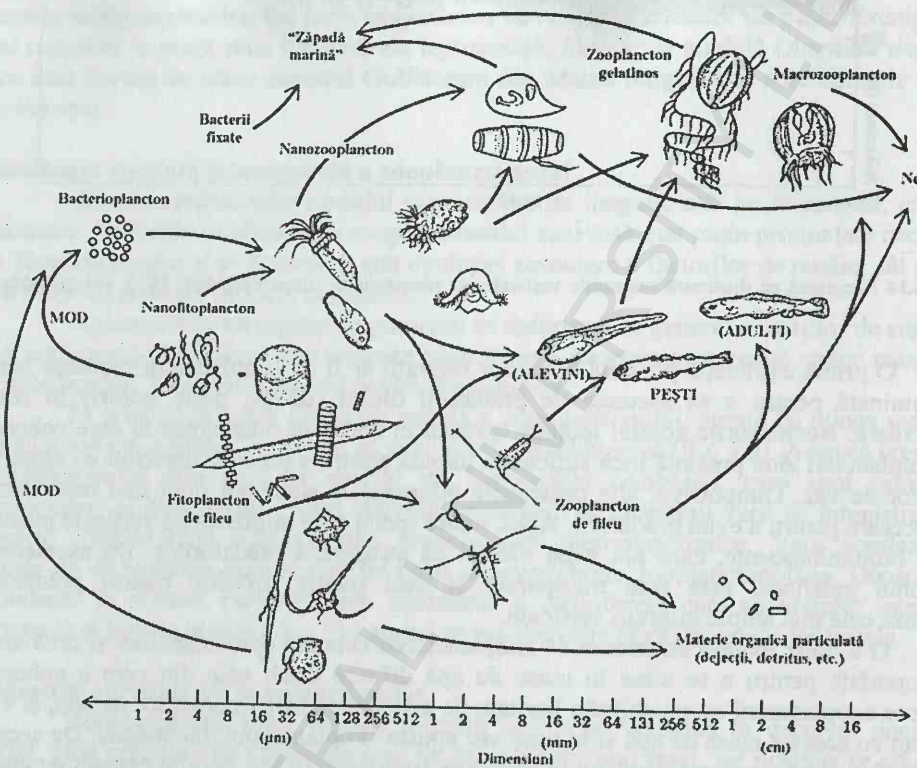


Figura 3.15 Reprezentare diagramatică a relațiilor trofice dintre grupările planctonice majore (modificat după Capriulo și Ninivaggi, 1982, din Nybakken, 1988)

Temperatura poate de asemenea influența migrațiile verticale. În acest caz adâncimea maximă la care coboară aceste organisme este dată de temperatură.

Pe lângă migrațiile circadiene, mai există și migrații sezoniere pe verticală. Astfel, unele chetognate și unele copepode ale genului *Calanus* coboară în ape mai adânci către toamnă pentru iernat.

Rolul zooplanctonului în rețeaua trofică marină

Majoritatea zooplancterilor se hrănesc cu fitoplancton, fiind considerate erbivore. Multe copepode (de ex., reprezentanții genului *Calanus*) posedă un aparat bucal filtrant. Filtratori tipici sunt salpele tunicate (Thaliacea) și apendiculariile (Appendicularia). Ele prezintă un aparat filtrant atât de fin încât pot reține cele mai mărunte organisme planctonice, sub 0,05 mm. În afară de fitoplancton, zooplanctonul filtrator se hrănește și cu suspensiile organice moarte (detritus). În unele cazuri detritusul, împreună cu flora

bacteriană ce se dezvoltă pe acesta, joacă un rol chiar mai mare decât planctonul viu. Protozoarele planctonice au un rol deosebit în lanțul trofic planctonic, reprezentând o verigă majoră dintre bacterii și zooplanctonul de talie mai mare (fig. 3.15).

Alți zooplancteri sunt prădători, ca de pildă meduzele (*Bougainvillia principes*), ctenoforele (*Pleurobrachia pileus*), sifonoforele (*Chelophyes appendiculata*), chetognatele (*Sagitta enflata*), unele copepode (*Calanus finmarchicus*), unele eufauziacee (*Meganyctiphanes norvegicus*) și carinaridele (*Firiloida*). În multe cazuri modul de hrănire se poate schimba odată cu vârsta. Astfel, majoritatea larvelor de nevertebrate se hrănesc cu fitoplancton, dar devin omnivore sau carnivore în stadiile mai târzii de dezvoltare. Multe larve de pești la început sunt omnivore pentru ca mai târziu să consume numai hrană animală.

Hrănindu-se cu fitoplancton, zooplanctonul servește la rândul său drept mediu nutritiv pentru formele de viață mai evoluate. Cu zooplancton se hrănesc și cele mai mari animale precum balenele, care în regiunea antarctică filtrează cârdurile imense de krill. Anual balenele consumă 50-80 milioane tone de astfel de crustacee.

3.2. NECTONUL MARIN

Nectonul[63] este reprezentat de către organismele care înoată activ, fiind capabile să înfrunte curenții oceanici și să realizeze deplasări pe distanțe mari. Marea majoritate a organismelor nectonice sunt de talie mare, printre acestea numărându-se cele mai mari și cele mai rapide organisme marine.

Compoziția nectonului marin

În timp ce zooplanctonul este dominat de nevertebrate, organismele nectonice aparțin în cea mai mare parte vertebratelor. Dintre acestea peștii reprezintă grupul cel mai numeros, atât ca număr de specii cât și ca număr de indivizi.

Nectonul marin se compune în special din peștii osoși și cei cartilaginoși, la care se mai adaugă mamiferele, reptilele și păsările marine. Dintre nevertebrate singurele care pot fi considerate ca aparținând nectonului sunt unele moluște cefalopode, ca de exemplu calmarii și sepiile (fig. 3.16).

Dintre mamiferele marine nectonice fac parte delfinii, cașaloții și balenele (ordinul Cetacea) și focile, morsele, urșii și leii de mare (ordinul Pinnipedia). Alte mamifere bine adaptate la mediul marin, dar care se întâlnesc mai ales în apele din apropierea coastelor, sunt dugongul *Dugong dugong* și lamantinul *Trichechus manatus* (ordinul Sirenia) și vidra de mare *Enhydra lutris* (ordinul Carnivora).

Un pui nou-născut de balenă sau de delfin este atât de mare și de sine-stătător, încât poate fi considerat ca aparținând nectonului chiar din momentul nașterii. Acest lucru este valabil și pentru puietul rechinilor vivipari.

[63] *nektós* (grec.) = înotător

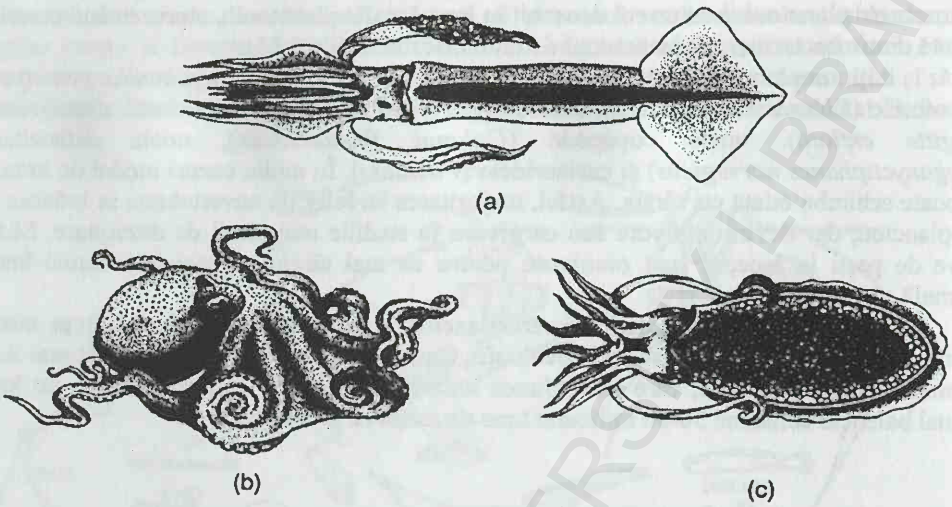


Figura 3.16 Câțiva reprezentanți ai cefalopodelor: (a) calmarul *Rossia pacifica*; (b) caracatița *Octopus dofleini*; (c) sepia *Sepiolla japonica* (după Levinton, 1995)

Reptilele nectonice sunt reprezentate aproape exclusiv de broaștele țestoase marine (broasca țestoasă verde *Chelonia mydas*, cauanul *Eretmochelys imbricata* și careta *Caretta caretta*) și de șerpi (familia Hidrophiidae, *Hydrurus platurus*). În apele neritice dintre reptilele marine pot fi citate iguana de Galápagos (*Amblirhynchus cristatus*) și crocodilul de apă sărată australian (*Crocodylus porosus*). Broaștele țestoase marine, deși foarte bine adaptate la viața în mediul acvatic, sunt nevoite să iasă periodic pe mal pentru depunerea pontei. În mod asemănător, cele mai multe specii de șerpi marini își depun ouăle pe țărm, dar există specii vivipare care își petrec întreaga viață în mare.

Dintre păsări cu adevărat nectonici pot fi considerați doar pinguinii (pinguinul tropical *Spheniscus mendiculus*, pinguinul comun *Pygoscelis adeliae*, pinguinul imperial *Aptenodytes forsteri*, pinguinul regal *Aptenodytes patagonica* etc.). Într-o oarecare măsură aici putem încadra și unele păsări marine (ca de ex. cormoranii) care se pot scufunda până la 100 m pentru a se hrăni și care, prin urmare, își petrec o bună parte a timpului ca înotători activi.

Adaptările nectonului

Adaptările pe care le prezintă nectonul sunt în strânsă legătură cu factorii de mediu. În primul rând, masa de apă prezintă o profundă „tridimensionalitate". Apoi, aici nu există nici un substrat solid, astfel încât animalele care populează coloana de apă sunt suspendate în permanență într-un mediu transparent, fără nici un loc unde acestea s-ar putea ascunde de potențialii prădători. Lipsa vreunui reper într-un mediu cvasi-omogen face dificilă orientarea în cazul deplasării pe orizontală dintr-un loc în altul. Toate acestea au facilitat evoluția adaptărilor pentru o extraordinară mobilitate. La rândul ei, această mobilitate crescută și abilitatea de a parcurge mari distanțe a condus la dezvoltarea

sistemului nervos şi a organelor de simţ, lucru necesar pentru orientare, procurarea hranei şi evitarea prădătorilor.

Suspendarea continuă a corpului dens al animalelor nectonice într-o apă mai puţin densă a dus la dezvoltarea progresivă a diferitor *adaptări pentru flotaţie*. Deoarece protoplasma celulară este în general ceva mai densă decât apa marină, pentru a menţine o flotabilitate neutră animalele nectonice trebuie să posede părţi ale corpului mai puţin dense. Cei mai mulţi peşti posedă *vezică înotătoare*. Mulţi dintre aceştia pot regla volumul vezicii înotătoare şi în felul acesta îşi pot regla flotabilitatea. Se cunosc *peşti fizostomi*, la care vezica înotătoare comunică cu esofagul, şi *peşti fizoclişti*, la care vezica nu comunică cu tubul digestiv. Acelaşi rol în menţinerea unei flotabilităţi neutre îl joacă plămânii animalelor nectonice care respiră aer. Pe lângă plămâni, unele mamifere şi păsări marine prezintă saci aerieni suplimentari.

La peştii care nu prezintă vezica înotătoare (rechini, scrumbie, pălămidă, lufar) flotabilitatea este menţinută pe baza depunerilor lipidice din corp. Astfel, la rechinii pelagici flotabilitatea este crescută datorită depunerii în ficatul mult mărit al unor substanţe uleioase. Ficatul unor specii de rechin poate reprezenta până la 25% din volumul corpului. La mamiferele marine, grăsimea depusă sub epidermă, pe lângă faptul de a menţine flotabilitatea, serveşte la izolarea termică.

În afară de mijloace statice de menţinere a flotabilităţii, unele animale nectonice prezintă mecanisme hidrodinamice pentru producerea unei flotabilităţi suplimentare în timpul deplasării. Dintre cele mai comune sunt cele de producere a unor suprafeţe portante în partea anterioară, reprezentate în mod obişnuit de înotătoarele pectorale (efectul Bernoulli) şi prezenţa cozii heterocerce. În linii generale, peştii mai primitivi prezintă adaptări hidrodinamice de portanţă, în timp ce peştii mai evoluaţi au dezvoltat mijloace statice sau pasive de obţinere a flotabilităţii neutre, ceea ce presupune un consum mai mic de energie.

Un alt grup de adaptări se referă la deplasarea animalelor printr-un mediu dens cum este apa marină. Aceste adaptări pot fi împărţite în două grupuri: cele necesare pentru crearea forţei de propulsie şi cele care reduc rezistenţa corpului la trecerea prin apă.

Cel mai comun mijloc de propulsie este prin mişcări ondulatorii ale corpului sau ale înotătoarelor. Peştii buni înotători au înotătoarea caudală în formă de semilună, iar pedunculul caudal este subţiat (fig. 3.17). Broaştele-ţestoase, pinguinii şi mamiferele marine se deplasează prin mişcarea membrelor anterioare, posterioare sau a ambelor, care sunt transformate în palete înotătoare. Un tip special de propulsie este cel prin „reacţie" întâlnit la cefalopode.

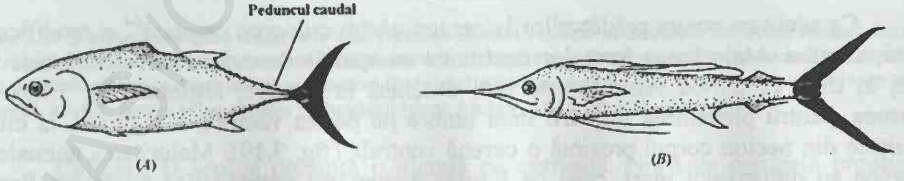


Figura 3.17 Peşti buni înotători cu înotătoarea caudală în formă de semilună şi cu pedunculul caudal subţiat: (*A*) tonul albastru (*Thunnus thynnus*); (*B*) peştele-velă (*Istiophorus platypterus*) (după Levinton, 1995)

Pentru reducerea forței de frecare care apare la deplasarea prin apă animalele nectonice au corpul fusiform, de torpilă. Suprafața corpului este netedă, uneori lipsită de solzi. Această adaptare a facilitat o convergență puternică în ceea ce privește forma corpului animalelor care aparțin unor grupuri sistematice diferite.

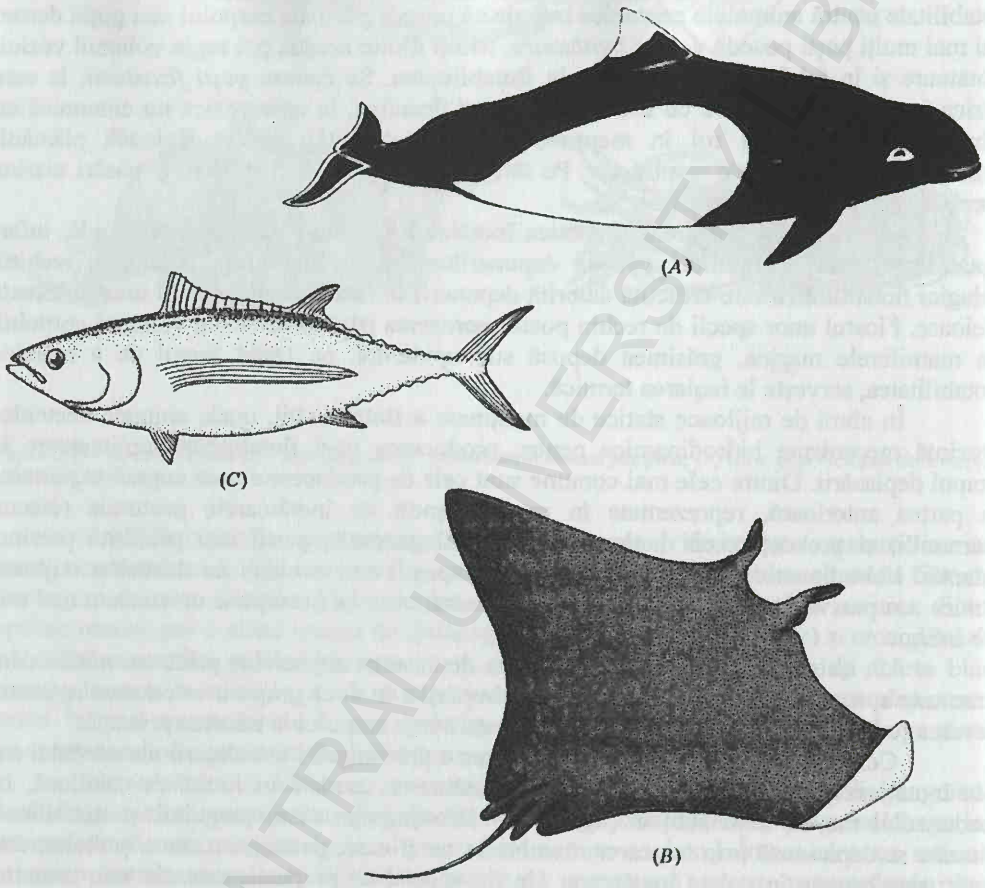


Figura 3.18 Culoarea criptică la diferite specii nectonice: (*A*) la marsuin (*Phocenoides dalli*); (*B*) la dracul-de-mare (*Manta hamiltoni*); (*C*) la ton (*Thunnus alalunga*) (după Nybakken, 1988)

Ca adaptare contra prădătorilor la necton găsim *culoarea criptică*[64] și modificarea formei corpului. Majoritatea formelor nectonice au spatele de culoare albastru-închis sau verde, în timp ce partea ventrală este mai deschisă la culoare, argintie (fig. 3.18). De asemenea, pentru prevenirea formării unei umbre pe partea ventrală a corpului, la multe organisme din necton corpul prezintă o carenă ventrală (fig. 3.19). Majoritatea animalelor nectonice au dimensiuni mari, ceea ce limitează numărul potențialilor prădători. Peștii-

[64] *krýptos* (gr.) = ascuns

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

zburători scapă de prădători prin dezvoltarea unor înotătoare pectorale foarte lungi cu ajutorul cărora pot să sară din apă şi să zboare o oarecare distanţă prin aer.

Multe specii de peşti se apără de prădători prin agregarea în bancuri. Bancurile compacte de peşti pot deruta potenţialii prădători, fie prin crearea aparenţei unui organism mai mare, fie prin producerea reflexiilor luminoase de către părţile laterale argintii ale peştilor.

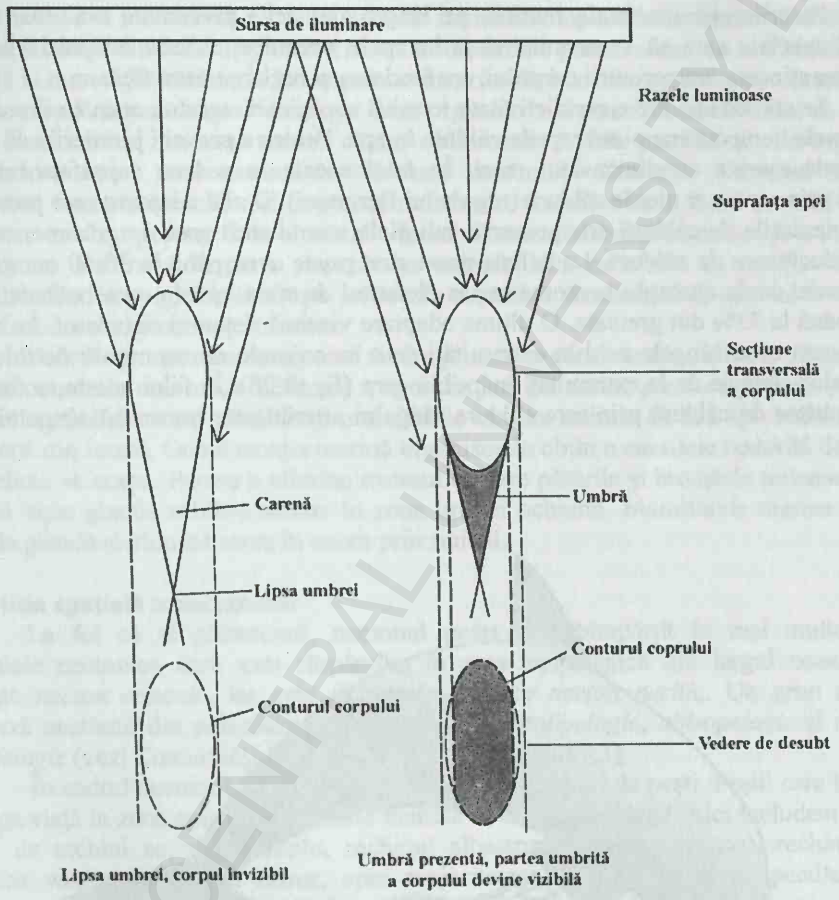


Figura 3.19 Diagramă ilustrând maniera în care prezenţa carenei ventrale la animalele nectonice înlătură formarea umbrei care este prezentă în mod normal la un animal lipsit de carenă. Prezenţa umbrei înseamnă că un prădător situat dedesubt şi care priveşte în sus va observa un animal nectonic lipsit de carenă, dar nu va observa un animal cu carenă, al cărui contur se va contopi cu fundalul (după Aleyev, 1977, din Nybakken, 1988)

Calmarii şi sepiile prezintă o glandă cu cerneală. Norii de cerneală produşi de această glandă au rolul de a masca retragerea animalului prin derutarea şi afectarea olfacţiei prădătorilor. În plus, cefalopodele sunt maeştri ai camuflării şi datorită prezenţei în corp a unor cromatofori cu ajutorul cărora îşi pot schimba voluntar culoarea.

BCU CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Ca urmare a modului de viață activ, animalele nectonice au organele de simț bine dezvoltate. La pești este prezentă *linia laterală* cu care percep variații ale presiunii apei. Rechinii posedă organe de simț speciale numite *veziculele lui Lorenzini*, care sunt sensibile la variațiile câmpului electric din apă și pot reacționa la schimbări de o sutime de microvolt. Ochii organismelor nectonice sunt bine dezvoltați și adesea complecși. Printre mamiferele marine organul auzului a generat numărul cel mai mare de adaptări speciale. Producerea și recepționarea sunetelor a atins stadiul cel mai dezvoltat la animalele care utilizează *ecolocația* pentru orientarea lor și pentru capturarea prăzii.

Păsările și mamiferele marine, pe lângă adaptările prezentate mai sus, necesită adaptări speciale care să le permită viața în apele oceanice. Aceste adaptări vizează în special menținerea temperaturii corpului, scufundarea și reglarea osmotică.

Se știe că apa are o condictivitate termică superioară aerului, ceea ce înseamnă că organismele homeoterme pierd repede căldura în apă. Pentru a preveni pierderile de căldură mamiferele marine au dimensiuni mari. În felul acesta se reduce suprafața relativă a corpului prin care s-ar pierde căldura (regula lui Bergman). O altă adaptare care previne sau reduce pierderile de căldură este prezența sub piele a unui strat gros de grăsime, care este slab conducătoare de căldură. La balene acest strat poate avea până la 30-50 cm grosime. La pinipede, ca de exemplu la morse sau la elefantul de mare, grăsimea subcutanată poate alcătui până la 33% din greutate. O ultima adaptare vizează sistemul circulator. La cetacee arterele care aduc sângele cald la extremități sunt înconjurate de un număr de mici vene care conduc sângele de la extremități înapoi la corp (fig. 3.20). În felul acesta se formează un schimbător de căldură prin care căldura sângelui arterial este transmisă sângelui venos mai rece.

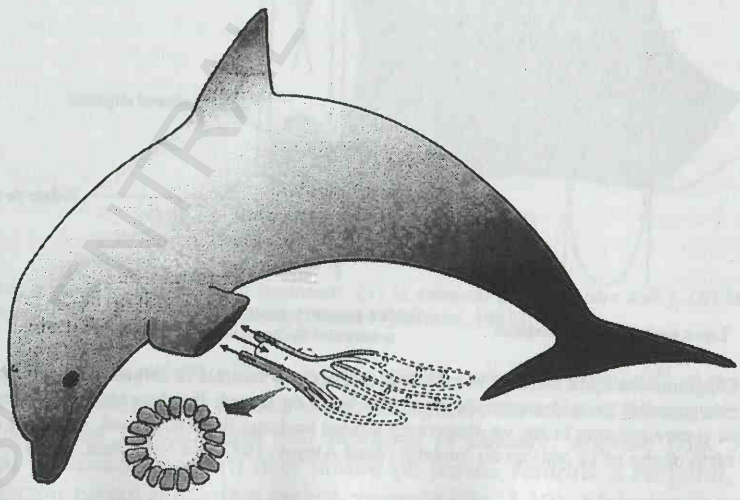


Figura 3.20 Diagramă ce ilustrează aranjamentul venelor și arterelor în paletele înotătoare ale delfinilor. Venele (de culoare gri) sunt dispuse împrejurul arterelor pentru a permite sângelui venos să se încălzească prin transferul căldurii de la sângele arterial înainte ca acesta să ajungă la trunchi (după Schmidt-Nielsen, 1975, din Levinton, 1995)

Mamiferele nectonice sunt capabile să se scufunde la adâncimi apreciabile. De exemplu, delfinii şi focile se pot scufunda la adâncimi de 160-600 m şi să-şi ţină respiraţia timp de 6-40 de minute. Caşalotul se poate scufunda până la 2250 m şi poate rezista sub apă până la 80 de minute! Acest lucru se datorează unor adaptări anatomice şi fiziologice. În primul rând, mamiferele şi păsările marine au un volum de sânge mai mare decât formele terestre. În plus, sângele lor are o capacitate de legare mai mare a oxigenului pe unitatea de volum decât sângele animalelor terestre, datorită concentraţiei mai mari a hematiilor. O altă adaptare constă în încetinirea ritmului bătăilor inimii în timpul scufundărilor (*bradicardie*). De exemplu, la delfinul *Tursiops truncatus* ritmul cardiac poate scădea de la 90 bătăi/min la suprafaţă la numai 20 bătăi/min în timpul unei scufundări de cinci minute. De asemenea, în timpul scufundării sunt irigate cu sânge doar organele mai sensibile la deficitul de oxigen, cum ar fi creierul şi sistemul nervos central. Mai mult de atât, muşchii şi alte organe ale mamiferelor marine sunt extrem de tolerante la condiţii anaerobe. Sistemul muscular continuă să funcţioneze chiar şi după acumularea în muşchi a unor mari cantităţi de acid lactic, care este un produs final al metabolismului anaerob. Această rezistenţă a muşchilor la anoxie se datorează în parte şi prezenţei *mioglobinei*, care este un compus bogat în oxigen, similar hemoglobinei. După ieşirea la suprafaţă a animalului, rata lui metabolică creşte şi are loc oxigenarea ţesuturilor.

Păsările şi mamiferele marine au în general o concentraţie salină a sângelui şi a fluidelor corporale mai mică decât cea a apei din jur. De aceea, pentru a preveni pierderea osmotică a apei din corp păsările şi mamiferele marine trebuie să bea apă marină sau să obţină apă din hrană. Odată cu apa marină organismele obţin o cantitate nedorită de sare de care trebuie să scape. Pentru a elimina excesul de sare păsările şi broaştele ţestoase marine prezintă nişte glande salifere situate în zona orbitei ochiului. Mamiferele marine nu au o astfel de glandă şi elimină sarea în exces prin rinichi.

Repartiţia spaţială a nectonului

La fel ca şi planctonul, nectonul poate fi subîmpărţit în mai multe grupe. Animalele nectonice care sunt răspândite în zona epipelagică din largul oceanelor se numeşte *necton oceanic*, iar cele din apele neritice *necton neritic*. Un grup aparte îl formează nectonul din pelagialul profund – *necton batipelagic*, *abisopelagic* şi respectiv *hadopelagic* (vezi Comunităţile pelagice abisale, Capitolul 7.3).

În cadrul nectonului putem distinge anumite grupuri de peşti. Peştii care îşi petrec întreaga viaţă în zona epipelagică poartă numele de *holoepipelagici*. Aici includem anumite specii de rechini ca, de exemplu, rechinul albastru (*Prionace glauca*), rechinul-vulpe (*Alopias vulpinus*), *Lamna nasus*, apoi majoritatea peştilor zburători, speciile de ton (*Thunnus* spp.), peştele-spadă (*Xiphias gladius*), *Regalecus glesne*, *Scomberesox saurus*, peştele-lună (*Mola mola*) etc. Aceşti peşti au, de regulă, icre şi larve epipelagice şi sunt cei mai răspândiţi în apele de suprafaţă din zonele tropicale şi subtropicale.

Peştii care îşi petrec doar o parte din ciclul lor de viaţă în epipelagial sunt denumiţi *meroepipelagici*. Acest grup este mai diversificat şi cuprinde acei peşti care ca adulţi trăiesc în epipelagialul din largul oceanului, dar se reproduc în apele din apropierea coastelor (heringul *Clupea harengus*, *Euleptorhamphus viridis*, rechinul-balenă *Rhincodon typus*) sau chiar în apele continentale (somonii *Salmo* şi *Oncorhynchus*). Alţi peşti pătrund în

epipelagial noaptea, ca de pildă peştele-lanternă (*Myctophum*), care migrează pentru a se hrăni din apele adânci în apele de suprafaţă.

Epipelagialul oceanic cuprinde peştii cei mai bine adaptaţi la viaţa pelagică. Aceştia au corpul fusiform şi organe de înot bine dezvoltate. În pelagialul apelor reci se întâlneşte rechinul gheţurilor (*Leamargus borealis*). Aici trăiesc şi formează cârduri imense, care apoi se îndreaptă spre apele neritice, sardelele (*Sardina pilchardus*), scrumbiile (specii ale genului *Sarda*), stavridul (*Trachurus mediterraneus*), heringul (*Clupea harengus*), baracuda mare sau becuna (*Sphyraena barracuda*) etc.

Nectonul neritic, deşi este sărac în ceea ce priveşte numărul de specii, este bine reprezentat din punct de vedere cantitativ. De aceea mările epicontinentale constituie zonele cele mai căutate pentru pescuit, reprezentând aproape 90% din pescuitul mondial. Dintre cele mai productive mări fac parte Marea Nordului, Marea Baltică, dar şi alte regiuni ale şelfului european unde se pescuieşte heringul, sardelele, hamsiile (*Engraulis* spp.), codul (*Gadus morrhua, G. callarias, G. merlangus*), stavridul, pălămida (*Sarda sarda*), scrumbia albastră (*Scomber scombrus*), macroul etc.

Migraţiile nectonului

Având posibilităţi proprii de deplasare, animalele nectonice pot să înoate pentru a-şi procura hrana, fiind în acelaşi timp capabile să efectueze migraţii sezoniere de mii de kilometri în cuprinsul oceanului. De regulă, formele nectonice migrează din zonele de hrănire situate în apele mai reci spre zonele de reproducere din apele neritice mai calde. De exemplu, delfinii şi balenele parcurg distanţe foarte mari, mai ales pentru hrănire.

Mulţi peşti marini duc o viaţă gregară, formând cârduri sau bancuri. Acestea, în unele cazuri, se constituie numai în preajma perioadei de începere a migraţiei şi se destramă după terminarea acesteia.

În ceea ce priveşte sensul de deplasare, deosebim *migraţii orizontale*, când acestea se desfăşoară în plan paralel cu suprafaţa apei, şi *migraţii verticale*, când acestea se fac de la suprafaţă spre adâncul bazinului şi invers. Atunci când peştii în deplasarea lor înoată contra curentului de apă, migraţia este de tip *anadrom*[65], iar când migraţia urmează sensul de curgere a curentului este de tip *catadrom*[66]. Migraţiile lor pot fi urmărite cu ajutorul marcajelor.

Cele mai spectaculoase migraţii le realizează somonii. Astfel, somonul atlantic (*Salmo salar*) migrează pentru reproducere în râurile şi fluviile Europei occidentale şi în cele din estul Americii de Nord. Somonii din nordul Oceanului Pacific (*Oncorhynchus keta* şi *O. gorbuscha*) migrează în apele interioare ale Asiei răsăritene şi în cele apusene ale Americii de Nord. Interesant este faptul că somonii se întorc pentru reproducere exact în pâraiele în care s-au născut, ceea ce presupune aptitudini de orientare extraordinare. Anghila argintie (*Anguilla anguilla*) din râurile Europei Occidentale traversează Oceanul Atlantic pentru a se reproduce în Marea Sargasselor la o adâncime de circa 1000 m. Heringul (*Clupea harengus*) din partea de sud a Mării Norvegiei migrează pentru hrănire până la ţărmurile Islandei şi insulelor Spitzbergen. Migraţii pe distanţe considerabile sunt efectuate de broasca-ţestoasă verde (*Chelonia mydas*). Aceste broaşte se întorc invariabil pe aceeaşi plajă pentru a-şi depune ouăle în nisipul de pe mal.

---

[65] *aná* (gr.) = înapoi, în sus; *dromeion* = a fugi
[66] *katá* (gr.) = în jos; *dromeion* = a fugi

Migrații mult mai lungi efectuează multe specii de ton, ce pot traversa oceanele. Tonul albastru (*Thunnus thynnus*) marcat în apropierea insulei Guadelupa (Mexic) a fost recapturat la coastele Japoniei, după ce a parcurs o distanță de 5800 de mile marine. Înotul rapid și îndelungat este o altă caracteristică a multor pești din largul oceanului. Tonul poate parcurge zilnic în medie 80 mile marine, iar pălămidele (genurile *Katsuwonus* și *Sarda*) chiar 200. Se pare că aceste migrații impresionante se fac pentru a permite peștilor să exploateze cât mai complet resursele trofice și pentru a se preîntâmpina posibilitatea de a epuiza hrana dintr-o zonă restrânsă.

Printre cei mai rapizi înotători se numără fără îndoială cefalopodele decapode. Migrațiile lor sunt încă puțin studiate deoarece reprezentanții mari ai acestor moluște nu pot fi capturați cu ajutorul plaselor. Cei mai mari dintre aceștia sunt calmarii gigantici (genul *Architeuthis*). S-au găsit exemplare a căror lungime cu tot cu tentacule măsura 17 m. Este adevărat că, până acum, aceștia au fost calmari mari eșuați pe țărm. Studiind stomacurile cașaloților s-au găsit ventuze de calmari cu diametrul de până la 25 cm și ochi cu diametrul de 40 cm. Acest fapt permite să presupunem că unii calmari gigantici pot atinge dimensiuni și mai mari. Până în prezent nu se cunoaște cu ce se hrănesc aceste creaturi.

Hrănirea nectonului

Foarte puține specii nectonice, ca de exemplu ancioveta sau hamsia sud-americană (*Engraulis ringens*), s-au adaptat la hrănirea cu fitoplancton. Acestea trec apa prin gura deschisă, reținând algele mărunte pe filamentele branhiale.

Dintre speciile care se hrănesc cu zooplancton pot fi enumerate selacianul gigant *Manta birostris*, peștii zburători, heringii, rechinul *Cetorhinus maximus* și, mai ales, balenele.

Balenele filtrează planctonul cu ajutorul fanoanelor – plăci cornoase dense care atârnă de falca superioară. Prin deschiderea largă a gurii și prin dilatarea puternică a gușii, care uneori este reiată, apa, împreună cu planctonul ce îl conține, pătrunde în cavitatea bucală. După aceasta animalul închide parțial gura și, prin ridicarea limbii, forțează apa să treacă înapoi prin fanoane. Planctonul mai mare, alcătuit mai ales din eufauziacee, este reținut de fanoane și apoi înghițit. În felul acesta se hrănește balena albastră (*Balaenoptera musculus*), care este cel mai mare animal cunoscut vreodată pe Pământ, putând atinge 30 m lungime și peste 150 t greutate. Balena de Groenlanda (*Balaena mysticetus*), lungă de 18-20 m, folosește o metodă de filtrare oarecum diferită. Această specie are fanoanele mai dese și se hrănește în special cu copepode. Prin înotul relativ încet cu gura deschisă ea forțează apa să treacă prin fanoane (fig. 3.21).

Singura specie de balenă care nu se hrănește cu plancton este balena cenușie (*Eschrichtius robustus*). Această specie „mușcă" de pe fund mari cantități de sediment, care apoi sunt filtrate prin fanoane, reținând micile nevertebrate precum amfipodele.

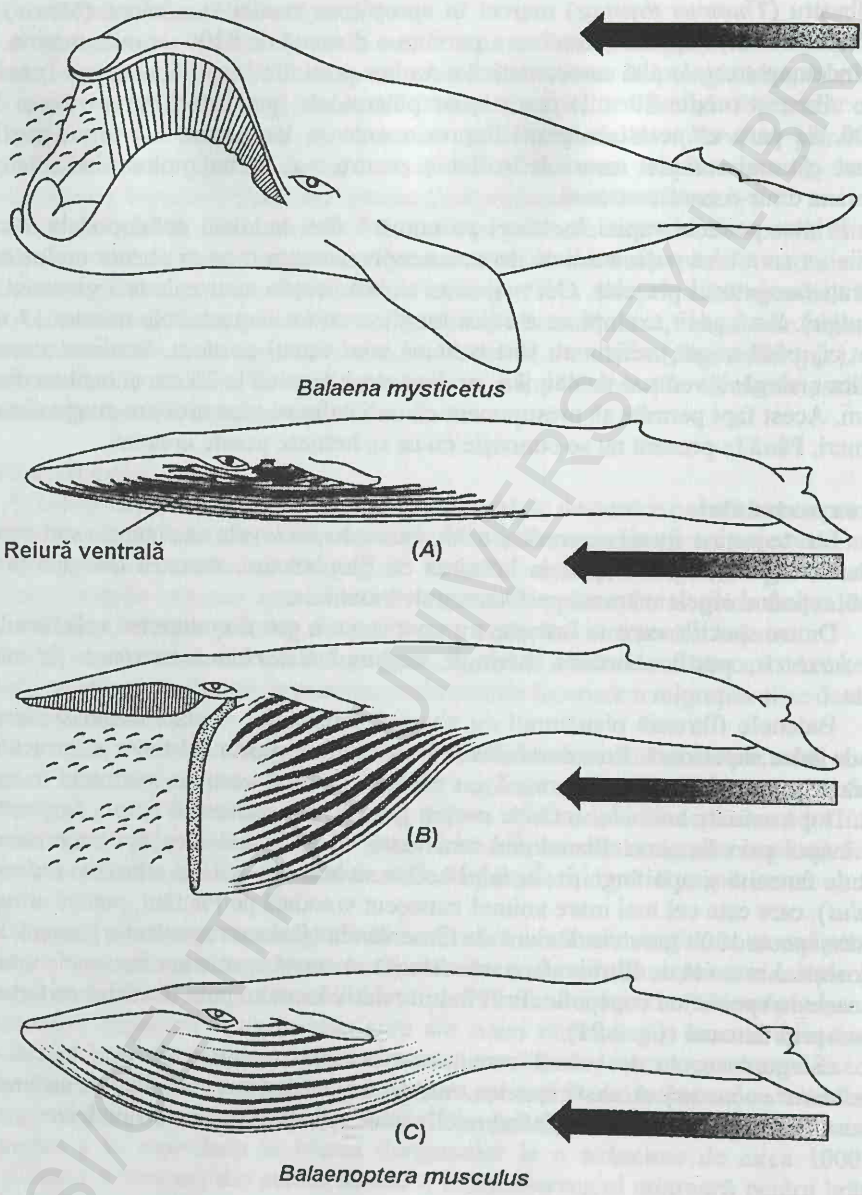


Figura 3.21 Modul de hrănire al balenei de Groenlanda (*Balaena mysticetus*) şi al balenei albastre (*Balaenoptera musculus*) (după Pivorunas, 1979, din Levinton, 1995)

Cele mai multe forme nectonice sunt prădători de vârf, hrănindu-se cu nectonul mai mic. În general, mărimea prăzii depinde de mărimea prădătorului („Peştele mai mare mănâncă peştele mai mic"). Cel mai mare carnivor marin, care măsoară 20 m lungime şi 100 t greutate, este caşalotul (*Physeter catodon*). Această specie se hrăneşte cu calmarii

uriaşi, în căutarea cărora se scufundă până la 1000 m adâncime. Un prădător vorace de talie mare este balena-ucigaşă sau orca (*Orcinus orca*), care vânează peşti, pinguini, delfini, foci şi lei de mare. Haitele de balene-ucigaşe se încumetă să atace chiar balenele care sunt mult mai mari ca acestea.

Odontocetele mai mici, focile şi leii de mare se hrănesc cu peşti şi calmari. Păsările marine consumă în special peştii şi calmarii mici din apele superficiale, deoarece nu pot să se scufunde la adâncimi prea mari.

Cei mai mulţi peşti răpitori au o mare însemnătate economică, ca de exemplu tonul, somonul, scrumbia, codul, peştele-spadă etc. Rechinii pelagici au un rol semnificativ în relaţiile de nutriţie ale nectonului, hrănindu-se cu diferite specii de peşti, calmari, păsări şi mamifere marine. Cel mai mare rechin carnivor, rechinul alb (*Carcharodon rondeleti*), prezintă dieta cea mai variată, care cuprinde nu numai peşti, păsări şi mamifere, ci şi alţi rechini. Una din trăsăturile caracteristice peştilor nectonici este lipsa selectivităţii sau specializării. Cei mai mulţi peşti par a se hrăni cu orice fel de hrană de mărime potrivită.

3.3. NEUSTONUL MARIN

Neustonul[67] este reprezentat de totalitatea organismelor care folosesc drept suport luciul apei care, datorită tensiunii superficiale a acesteia, se comportă ca o membrană elastică. Pentru dezvoltarea neustonului este nevoie ca suprafaţa apei să fie liniştită, lipsită de valuri. Deoarece suprafaţa mărilor şi oceanelor este aproape continuu supusă acţiunii valurilor, neustonul marin este foarte slab dezvoltat. În schimb, stratul superficial al apei se caracterizează printr-o concentraţie mare de materii organice, creând condiţii favorabile pentru hrănirea organismelor de aici. Aceste substanţe organice provin de la insectele căzute pe suprafaţa apei din atmosferă sau de la cadavrele unor organisme marine ce se ridică la suprafaţa apei din adâncuri.

În cadrul neustonului deosebim un *epineuston*[68], alcătuit din totalitatea organismelor adaptate la viaţa pe luciul apei, şi un *hiponeuston*[69], compus din totalitatea organismelor care trăiesc în contact nemijlocit cu suprafaţa inferioară a luciului apei. Unii autori (Zaitsev, 1971) atribuie hiponeustonului şi organismele care trăiesc în primii 5 cm de sub luciul apei, chiar dacă nu se află în contact direct cu suprafaţa apei.

Singurele forme epineustonice marine sunt ploşniţele de apă aparţinând genurilor *Halobates* (fig. 3.22), *Hermatobates* şi *Halovelia*. Acestea aleargă pe suprafaţa apei mărilor tropicale în căutarea hranei, reprezentată în special de insecte căzute pe apă. De altfel, aceste ploşniţe de apă se numără printre puţinele insecte care au pătruns în mediul marin.

Hiponeustonul marin este ceva mai bine reprezentat. Pentru formele hiponeustonice este caracteristică culoarea albastră sau roşie, care le serveşte pentru camuflare şi pentru protejarea contra radiaţiilor ultraviolete şi infraroşii. Zaitsev (1971) deosebeşte un *euhiponeuston*, care cuprinde formele legate de pelicula superficială a apei în tot timpul vieţii lor, şi un *merohiponeuston*, alcătuit din formele prezente sub luciul apei numai în anumite stadii ale dezvoltării lor.

---

[67] *neustos* (gr.) = înotător
[68] *epi* (gr.) = pe, în susul; *neustos* = înotător
[69] *hypo* (gr.) = sub, în josul; *neustos* = înotător

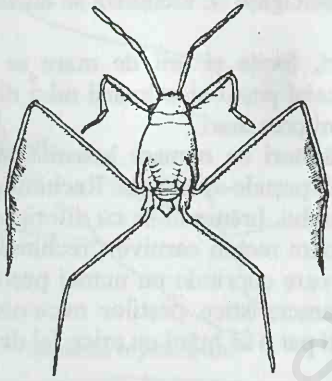


Figura 3.22 Ploşniţa de apă marină *Halobates*, reprezentant al epineustonului marin (după Barnes şi Hughes, 1982)

În zonele subtropicale ale Atlanticului hiponeustonul constă în proporţie de 94% din nevertebrate, predominant crustacee, dintre care jumătate aparţin copepodelor şi o treime ostracodelor. Dintre reprezentanţii tipici ai euhiponeustonului marin pot fi citate copepodele din familia Pontellidae (*Pontella atlantica*, *P. mediterranea*, *Anomalocera patersoni*, *Labidocera brunescens*), izopodele *Idothea metallica* şi *I. ostroumovi*, creveta *Parapeneus longipes* şi actinia *Minyas*. Pentru merohiponeuston sunt caracteristice larvele moluştelor, crevetelor şi crabilor, ouăle polichetelor, stadiile naupliale şi copepodit ale multor copepode, icrele de chefal, stavrid, hamsie şi alevinii unor peşti. Pentru ouăle şi juvenilii hidrobionţilor, în special de peşti, stratul superficial de apă bine încălzit şi aerat reprezintă un fel de „incubator".

Deoarece ziua fitoplanctonul evită stratul de apă de la suprafaţă, resursele de hrană în această perioadă a zilei fiind foarte reduse, multe organisme animale sunt prezente în hiponeustal numai noaptea, ziua coborând în adâncime. Aceste organisme alcătuiesc aşa-numitul *tihohiponeuston*[70]. Dintre formele tihohiponeustonice pot fi menţionate crustaceele *Gammarus*, *Dexamine* şi *Apherusa*, creveta *Palaemon*, misidaceul *Gastrosaccus* şi alte organisme.

3.4. PLEUSTONUL MARIN

Pleustonul[71] grupează organismele care plutesc la suprafaţa apei, având o parte a corpului scufundată în apă iar cealaltă deasupra acesteia.

Pentru organismele pleustonice este caracteristic corpul în formă de plută, astfel că ele se ţin tot timpul la suprafaţa apei. Mulţi reprezentanţi ai pleustonului folosesc forţa

[70] *týche* (gr.) = întâmplător
[71] *pleustikos* (gr.) = care navighează

vântului pentru a se deplasa. Expunerea la aer a determinat apariția respirației atmosferice la sifonoforele disconante.

Cel mai cunoscut reprezentant al zoopleustonului marin este sifonoforul *Physalia physalis*, denumit și „corabia portugheză" (fig. 3.23). Acesta prezintă deasupra apei, aidoma unei vele, un pneumatofor mare. Vântul poartă pe valuri și pe *Velella spirans* și plutele buretoase ale melcului *Janthina janthina* (fig. 3.23). Toate formele pleustonice sunt prădătoare. Peștii *Histriophorus* și *Mola mola*, trecând temporar la un mod de viață pleustonic, își expun în aer înotătoarea puternic dezvoltată și folosesc forța vântului pentru a se deplasa.

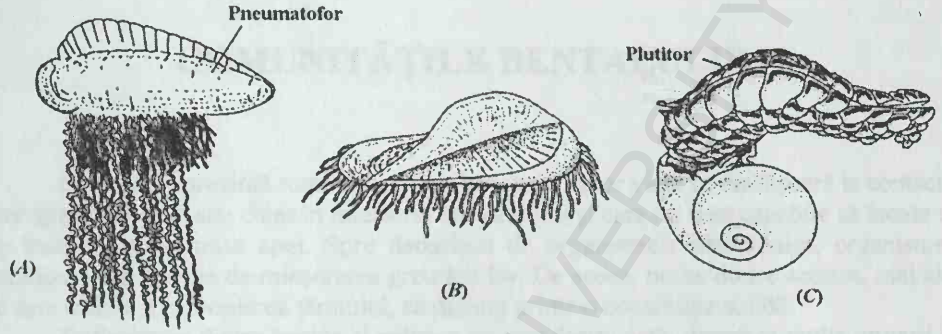


Figura 3.23 Câțiva reprezentanți ai pleustonului: (*A*) sifonoforul *Physalia physalis*; (*B*) sifonoforul *Velella*; (*C*) gasteropodul *Janthina* (*A*, *C* după Newell și Newell, din Nybakken, 1988, *B* după Levinton, 1995)

Fitopleustonul marin este reprezentat de alga brună *Sargassum* (*S. natans*, *S. erystrix* și *S. fluitans*) care formează mari aglomerări în Marea Sargasselor[72]. Talul de *Sargassum* prezintă vezicule pline cu aer, care contribuie la menținerea algei în stare de plutire. Deoarece pe măsura creșterii talului nu se formează suficiente vezicule, algele se scufundă treptat.

[72] Această mare a fost botezată după numele navigatorului portughez Sargazo, al cărui nume în portugheză înseamnă și „buruiană".

BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Capitolul 4

COMUNITĂȚILE BENTALULUI

Bentosul reprezintă totalitatea organismelor a căror viață se desfășoară la contactul dintre apă și substrat sau chiar în interiorul substratului și care nu sunt capabile să înoate un timp îndelungat în masa apei. Spre deosebire de organismele planctonice, organismele bentonice nu au nevoie de micșorarea greutății lor. De aceea, multe dintre acestea, mai ales cele care trăiesc în apropierea țărmului, se disting printr-o constituție solidă.

Delimitarea dintre bentos și pelagos nu este foarte netă, deoarece multe grupuri de organisme marine, precum celenteratele, polichetele, moluștele, crustaceele, echinodermele etc., deși aparțin domeniului bental, prezintă stadii larvare pelagice. De asemenea, există o serie de specii bentonice care pot urca pentru un timp oarecare în pelagial în timpul reproducerii (ca de exemplu formele epitoce de polichete) sau pentru procurarea hranei (cum sunt unele crustacee). Acestea pot fi încadrate în categoria formelor *nectobentice*. Alte organisme, cum sunt mizidaceele, în cursul zilei stau pe fund, iar noaptea devin planctonice și poartă numele de *forme tihopelagice*. Unele organisme sunt capabile să ducă atât un mod de viață bentonic cât și planctonic, formând *planctobentosul* sau *bentoplanctonul*. În plus cele două grupări de organisme, pelagosul și bentosul, sunt legate prin raporturi multiple, condiționate mai ales trofic.

Clasificarea bentosului

Din punct de vedere trofic bentosul se împarte în bentos vegetal sau *fitobentos*, bentos animal sau *zoobentos* și bentos bacterian sau *bacteriobentos*.

În funcție de dimensiunea corpului organismele bentonice se împart în:

1) *macrobentos*, alcătuit din organisme cu dimensiuni mai mari de 1 mm. Cuprinde organisme din aproape toate grupele de animale;

2) *meiobentos*[73] sau *mezobentos*, format din organisme al căror corp măsoară între 0,1 și 1 mm. Aici intră rotiferele, kinorinchidele, gastrotrichii, nematodele, unele gasteropode, turbelariate și polichete mici, tardigradele, ostracodele, copepodele harpacticide și formele juvenile ale reprezentanților macrofaunei (fig. 4.1);

[73] *meion* (gr.) = mai mic, inferior; *benthos* = adâncime

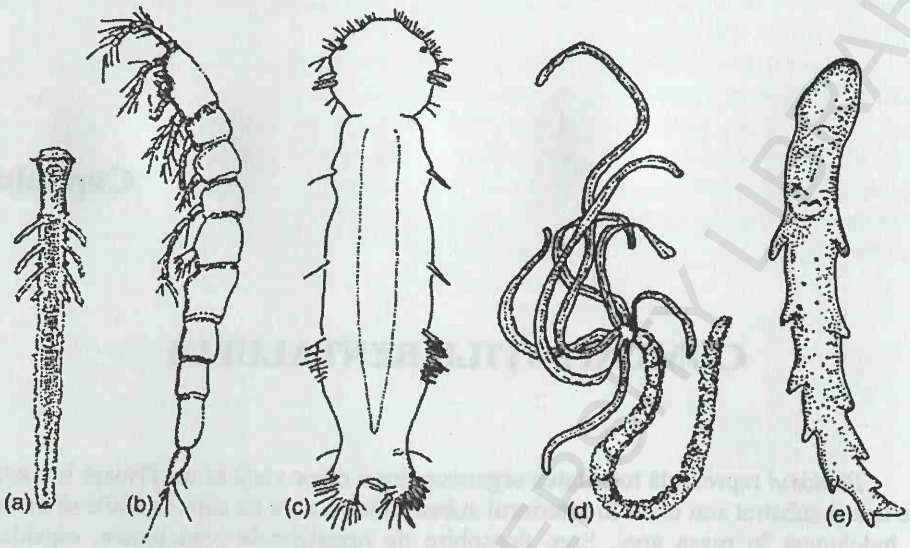


Figura 4.1 Exemple de meiobentos: (*a*) polichet; (*b*) copepodul harpacticid *Cylindropsyllis laevis*; (*c*) gastrotrich; (*d*) celenteratul *Halammohydra*; (*e*) gasteropodul opistobranhiat *Pseudovermis* (după Swedmark, 1964, din Levinton, 1995)

3) *microbentos*, care cuprinde organismele a căror talie este mai mică de 0,1 mm. Aici intră bacteriile, fungii, diatomeele bentonice, foraminiferele, radiolarii, flagelatele şi ciliatele (fig. 4.2).

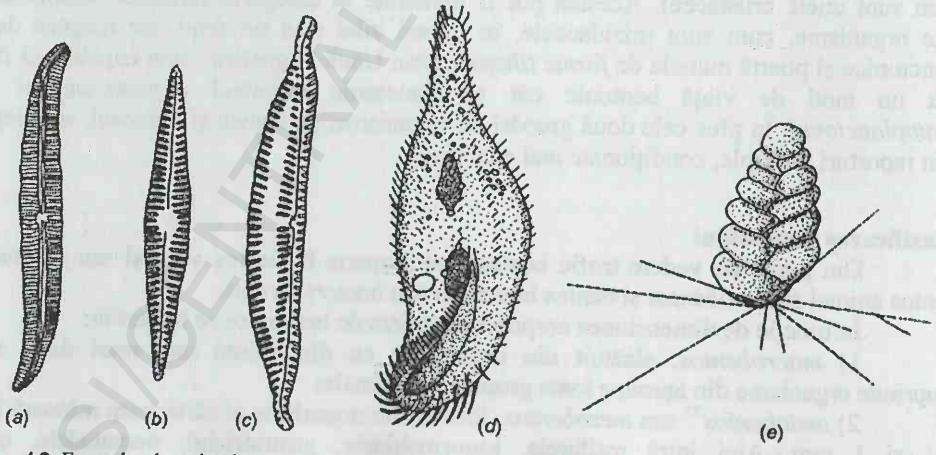


Figura 4.2 Exemple de microbentos: diatomee (*a*) *Gyrosigma*; (*b*) *Navicula*; (*c*) *Amphora*; (*d*) ciliat; (*e*) foraminifer (după Levinton, 1995)

În funcție de zona în care se găsesc diferențiem un *bentos fital*[74] și un *bentos afital* (Pérès, 1961). *Bentosul fital* (*bentosul litoral* sau *neritic*) reprezintă bentosul situat între limita permanent inundată și adâncimea maximă care permite existența organismelor fotosintetizante. Acesta este reprezentat de plantele autotrofe și de cca 99% dintre speciile de animale bentonice marine cunoscute. Aici se găsesc cele mai favorabile condiții de viață: substrat foarte variat ca natură și consistență (roci, pietre, nisip, mâl), hrană foarte abundentă provenind din planctonul neritic, din vegetația fixată, ori din aportul zonelor de uscat, o varietate de substanțe minerale și condiții termice favorabile existenței celor mai diverse forme de viață vegetală sau animală. Există și o serie de condiții nefavorabile cum ar fi agitația puternică a apei, curenții litorali ce pot antrena spre larg larvele pelagice, ce nu se mai pot metamorfoza, apoi variațiile de salinitate și de temperatură mai ample. *Bentosul afital* (sau *bentosul profundal*) este bentosul situat în zona caracterizată prin absența luminii și, prin urmare, a organismelor fotosintetizante, prin presiuni ridicate și temperaturi joase.

În funcție de natura fundului pe care trăiesc deosebim: (1) *specii litofile*[75] sau *petricole*, care trăiesc pe substrat pietros sau stâncos; (2) *specii psamofile*[76], care trăiesc pe substrat nisipos; (3) *specii pelofile*[77] sau *iliofile*, care trăiesc pe fundurile mâloase; și (4) *specii fitofile*, care au ca suport algele și fanerogamele marine.

După felul în care își procură hrana animalele bentonice pot fi împărțite în:

1) *suspensivore*, care își întind organele de hrănire în masa apei și colectează în mod pasiv particulele de hrană care se depun. Așa sunt, de exemplu, coralii, crinii de mare și polichetele tubicole (*Sabella spallanzanii*, *Serpula vermicularis*) (fig. 4.3);

2) *filtratoare*, care creează în mod activ un curent de apă pe care îl direcționează către gură. Aici intră spongierii, ascidiile, briozoarele, majoritatea moluștelor bivalve (*Cardium*, *Chione*), unele polichete (*Chaetopterus variopedatus*), crustacee (*Balanus*), melci (*Crepidula fornicata*) și castraveți de mare (*Cucumria*) (fig. 4.3);

3) *limivore*, care înghit particulele de mâl pentru a digera resturile organice sau microorganisme conținute în sediment. Aici sunt incluse unele moluște bivalve și gasteropode, majoritatea polichetelor (*Arenicola marina*, *Capitella capitata*), unele sipunculide (*Sipunculus nudus*), crustacee, castraveți (*Leptosynapta*) și arici de mare (*Spatangus*, *Echinocardium*) (fig. 4.4);

4) *pelofage*[78], care consumă resturile organice de la suprafața sedimentului, ca de exemplu unele polichete (*Terebella*, *Amphitrite gracilis*, *Hediste diversicolor*, *Neanthes succinea*), bivalve (*Angulus*, *Abra*) și crabi (*Uca*) (fig. 4.4);

5) *fitofage*[79] sau *vegetariene*, care se hrănesc cu diferite organisme vegetale (fig. 4.5). Acestea includ poliplacoforele (*Chiton*, *Tonicella*), aricii de mare (*Diadema*, *Arbacia*), unii melci (*Patella*, *Littorina*), pești bentonici (peștii-papagal, peștii-chirurg), unele polichete (*Platynereis dumerilii*, *Nereis vexillosa*), izopode și amfipode. Speciile erbivore pot fi *microfage*, dacă se hrănesc cu diatomee, cianobacterii sau stadii microscopice ale algelor, sau *macrofage*, dacă se hrănesc cu alge macrofite sau cu fanerogame marine.

---

[74] *phýton* (gr.) = plantă
[75] *lithos* (gr.) = piatră; *phileó* = a iubi
[76] *psámmos* (gr.) = nisip; *phileó* = a iubi
[77] *pelós* (gr.) = mâl, noroi; *phileó* = a iubi
[78] *pelós* (gr.) = mâl, noroi; *phágos* = mâncător
[79] *phýton* (gr.) = plantă; *phágos* = mâncător

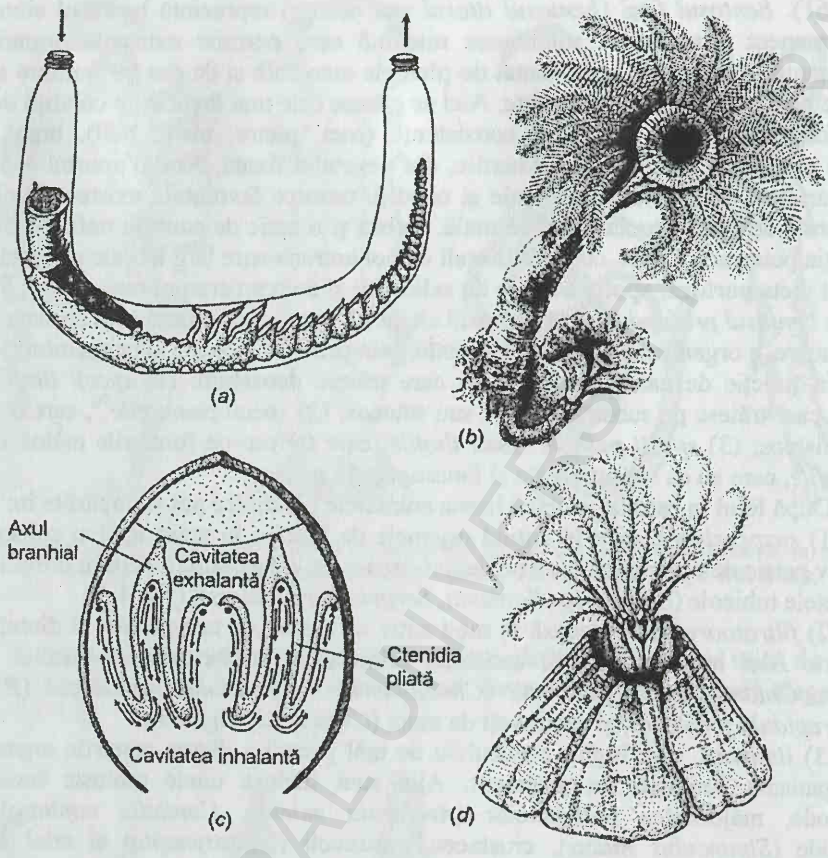


Figura 4.3 Exemple de forme suspensivore şi filtratoare: (*a*) polichetul filtrator *Chaetopterus*; (*b*) polichetul suspensivor *Serpula*; (*c*) secţiune transversală printr-o scoică filtratoare; (*d*) ciripedul filtrator *Semibalanus balanoides* (după Levinton, 1995)

6) *carnivore* sau *prădătoare*, care atacă şi consumă alte animale (fig. 4.6). Printre acestea se numără stelele de mare (*Asterias*, *Astropecten*), ofiuridele (*Amphiura*), mulţi crabi (*Callinectes sapidus*), peşti, majoritatea dediţeilor de mare (*Actinia equina*, *Anemonia sulcata*), unele polichete (*Glycera*, *Eunice*), gasteropode (*Buccinium*, *Conus*, *Murex*, *Nucella*) şi nemerţieni. De regulă, speciile carnivore sunt mobile şi posedă o serie de mijloace pentru detectarea prăzii.

7) *necrofage*[80], care consumă cadavrele şi resturile altor animale sau plante. În această categorie intră îndeosebi crabii, unele gasteropode (*Hinia*).

Uneori însă este foarte dificil să clasificăm unele organisme după modul lor de hrănire. De exemplu, formele filtratoare care se hrănesc cu zooplancton pot fi considerate

[80] *nekrós* (gr.) = mort; *phágos* = mâncător

ca fiind în acelaşi timp şi carnivore; multe specii pelofage de crabi sunt în acelaşi timp necrofage; creveta *Crangon* se hrăneşte cu resturile de la suprafaţa sedimentului, dar poate ataca şi unele animale mai mici; pagurul *Galathea* consumă materii vegetale şi animale, dar în acelaşi timp îşi foloseşte maxilipedele pentru a filtra microorganismele şi detritusul organic de la suprafaţa sedimentelor.

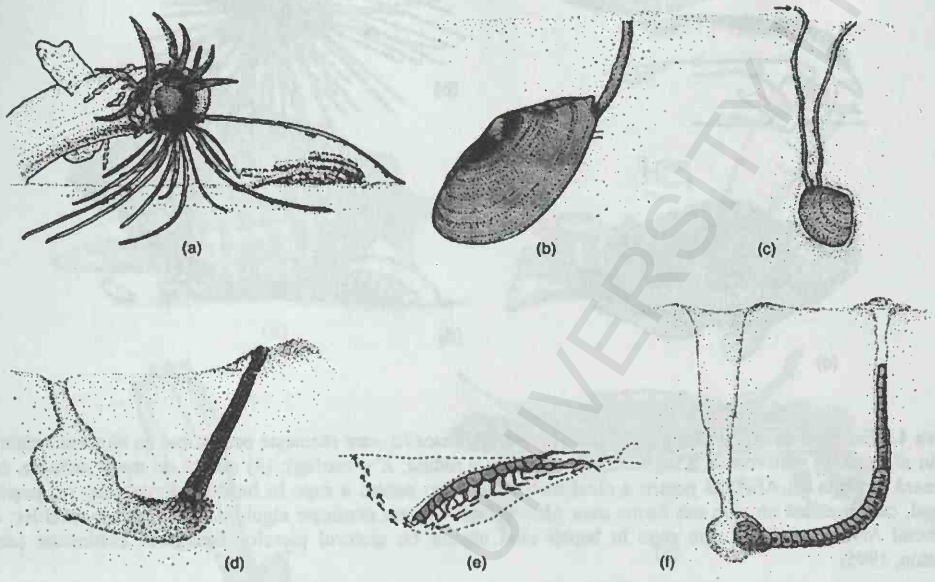


Figura 4.4 Exemple de specii limivore şi pelofage: (*a*) polichetul pelofag *Hobsonia*; (*b*) bivalva limivoră *Yoldia limatula*; (*c*) bivalva sifonată pelofagă *Macoma*; (*d*) polichetul limivor *Pectinaria*; (*e*) amfipodul pelofag *Corophium*; (*f*) polichetul limivor *Arenicola* (după Levinton, 1995)

În funcţie de preferinţele faţă de lumină organismele bentonice pot fi: (1) *fotofile*[81] sau iubitoare de lumină şi (2) *sciafile*[82], care preferă întunericul.

În raport cu substratul organismele zoobentosului se împart în: (1) *epibentos*[83] şi (2) *endobentos*[84].

Epibentosul (*epifauna* sau *onfauna*, dacă este vorba de organisme animale, şi *epiflora*, dacă este vorba de organisme vegetale) este reprezentat de forme care trăiesc la suprafaţa substratului dur (forme epilitice) sau nisipos (forme epipsamice). Aici intră algele macrofite şi fanerogamele marine, crinii de mare, coralii, melcii, stelele de mare etc. Epibentosul poate fi fixat, sedentar sau vagil.

---

[81] *photos* (gr.) = lumină; *philéo* = a iubi
[82] *skiá* (gr.) = umbră; *philéo* = a iubi
[83] *epi* (gr.) = pe, deasupra; *bénthos* = adâncime
[84] *endon* (gr.) = înăuntru; *bénthos* = adâncime

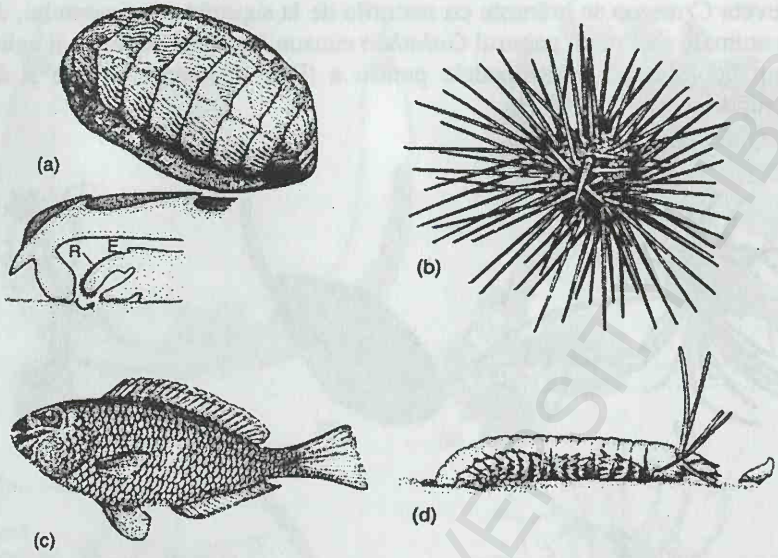


Figura 4.5 Exemple de specii fitofage: (*a*) poliplacoforul *Tonicella*, care răzuieşte perifitonul cu ajutorul radulei şi detaliu al secţiunii transversale a regiunii anterioare (*R* = radulă; *E* = esofag); (*b*) ariciul de mare *Arbacia*, care utilizează lanterna lui Aristotel pentru a răzui microalgele sau pentru a rupe în bucăţi macroalgele; (*c*) peştele-papagal, care prezintă un cioc sub forma unor plăci osoase cu care răzuieşte algele de la suprafaţa coralilor; (*d*) polichetul *Nereis vexillosa*, care rupe în bucăţi talul algelor cu ajutorul pieselor faringiene chitinizate (după Levinton, 1995)

Endobentosul (*endofauna* sau *infauna*, în cazul animalelor) este alcătuit din hidrobionţii care trăiesc în interiorul substratului. Aici intră formele săpătoare şi cele forante.

Speciile *semi-infaunale* se înfundă în substrat printr-un peduncul, restul corpului fiind deasupra (*Aglaophenia pluma*, *Alcyonium palmatum*, *Veretillum cynomorium*, *Pennatula phosphorea*).

1) *Bentosul fixat* sau *sesil*[85] cuprinde organismele care se fixează de substrat şi formează comunităţi caracteristice numite *epibioze* (fig. 4.7). Aici intră marea majoritate a fitobentosului. Dintre zoobentontele fixate fac parte spongierii (*Poterion neptuni*, *Euplectella aspergillum*, *Euspongia officinalis*, *Hippospongia equina*, *Aplysina aerophoba*, *Reniera implexa*), hidropolipii (*Eudendrium ramosum*, *Obelia dichotoma*), coralii (*Tubipora musica*, *Corallium rubrum*, *Gorgonia verrucosa*), crinii de mare (*Bathycrinus*, *Rhizocrinus*), viermii calcaroşi tubicoli (*Hydroides norvegica*, *Pomatoceros triqueter*, *Spirorbis* spp.), briozoarele (*Flustra foliacea*, *Membranipora pilosa*), unele moluşte bivalve (*Ostrea edulis*, *Mytilus galloprovincialis*, *M. edulis*, *Pinctada vulgaris*, *Pinna nobilis*), ciripedele (*Balanus improvisus*, *Chthamalus stellatus*, *Lepas anatifera*), ascidiile (*Ciona intestinalis*, *Botryllus schlosseri*) şi alte animale. Forma generală a corpului animalelor fixate este cel mai adesea alungită. Foarte des formele fixate sunt organisme coloniale, ca

[85] *sessilis* (lat.) = prins, fixat

de exemplu spongierii, hidrozoarele, coralii şi briozoarele, care formează colonii prin înmugurire. Organele de locomoţie de regulă sunt reduse sau îşi schimbă funcţia. Animalele fixate, deşi sunt imobile, se răspândesc cu uşurinţă datorită formării stadiilor larvare liber înotătoare, purtate de curenţi. Animalele pot duce un mod de viaţă sesil numai în mediu acvatic, deoarece numai în acesta pot primi hrana necesară sub formă de plancton transportat de apă sau de detritus organic ce coboară de sus.

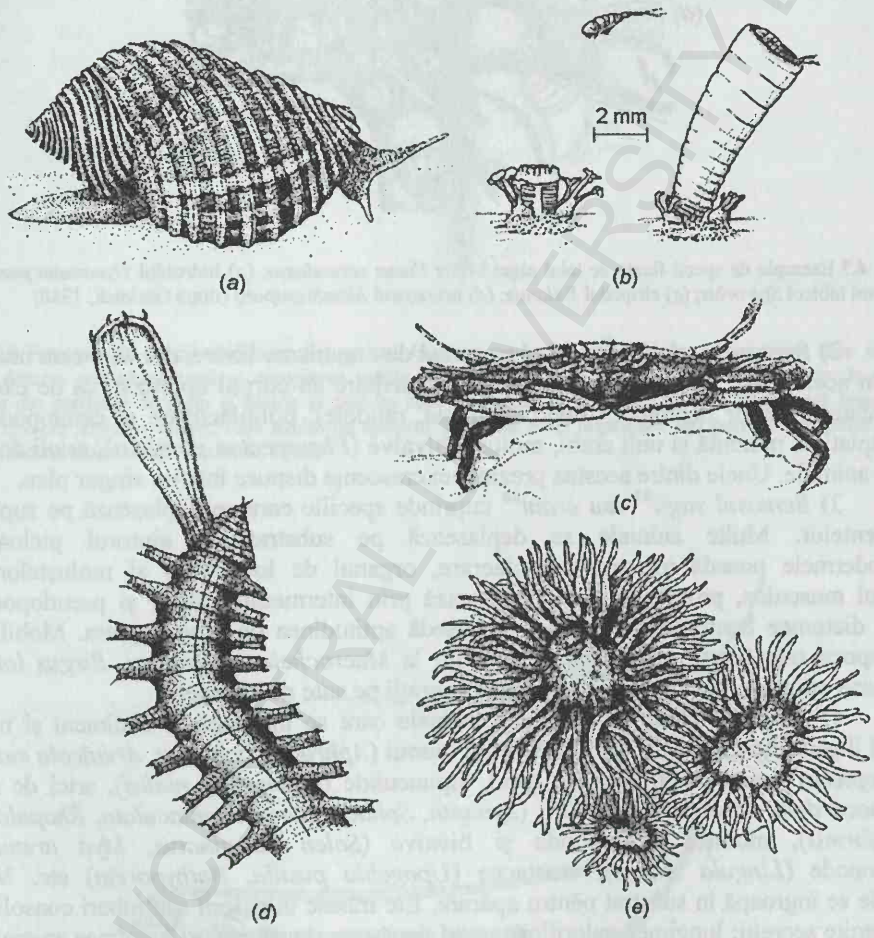


Figura 4.6 Exemple de specii prădătoare: (*a*) melcul *Nucella*, care se foloseşte de radulă pentru a perfora exoscheletele calcaroase ale bivalvelor şi ciripedelor; (*b*) bivalva *Cuspidaria*, care aspiră mici animale cu ajutorul sifonului; (*c*) crabul *Callinectes sapidus*, care îşi foloseşte cleştii pentru a zdrobi cochiliile moluştelor; (*d*) polichetul *Glycera*, care atacă prada cu ajutorul trompei înarmate cu fălci; (*e*) antozoarul *Actinia equina*, care prinde prada cu ajutorul tentaculelor urticante (după Levinton, 1995)

BCU CLUJ CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

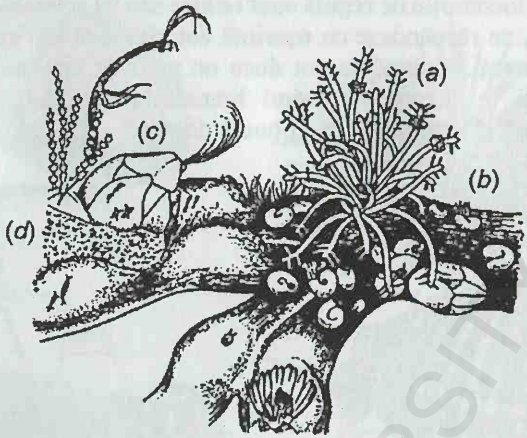


Figura 4.7 Exemple de specii fixate de talul algei brune *Fucus vesiculosus*: (*a*) hidroidul *Dynamena pumila*; (*b*) polichetul tubicol *Spirorbis*; (*c*) ciripedul *Balanus*; (*d*) briozoarul *Membranipora* (după Grzimek, 1988)

2) *Bentosul sedentar*[86] este reprezentat de organisme libere, dar care stau mai mult timp în acelaşi loc. Ca urmare, multe forme sedentare au corpul aplatizat, ca de exemplu majoritatea peştilor bentonici (pleuronectidele, rajidele), poliplacofore şi cefalopode. Un corp aplatizat prezintă şi unii crabi, moluşte bivalve (*Flexopecten ponticus*), aricii de mare şi alte animale. Unele dintre acestea prezintă excrescenţe dispuse într-un singur plan.

3) *Bentosul vagil*[87] sau *erant*[88] cuprinde speciile care se deplasează pe suprafaţa sedimentelor. Multe animale se deplasează pe substrat cu ajutorul picioarelor, echinodermele posedă picioare ambulacrare, organul de locomoţie al moluştelor este piciorul musculos, protozoarele se deplasează prin intermediul cililor şi pseudopodelor. Unele diatomee bentonice de asemenea posedă aptitudinea de a se deplasa. Mobilitatea unor specii este foarte mare dacă ne gândim la *Macrocheira kaempferi*, *Birgus latro* şi *Palinurus vulgaris*, ultima specie realizând migraţii pe sute de kilometri.

4) *Bentosul săpător* încadrează formele care se îngroapă în sediment şi numai rareori îl părăsesc (fig. 4.8). Aici intră mulţi viermi (*Aphrodite aculeata*, *Arenicola marina*, *Chaetopterus variopedtus*, *Glycera* spp.), sipunculide (*Sipunculus nudus*), arici de mare (*Echinocardium cordatum*), holoturii (*Synapta*, *Sphaerothuria bitentaculata*, *Rhopalodina lageniformis*), moluşte gasteropode şi bivalve (*Solen marginatus*, *Mya arenaria*), brachiopode (*Lingula unguis*), crustacee (*Upogebia pusilla*, *Bathyporeia*) etc. Multe animale se îngroapă în substrat pentru apărare. Ele trăiesc în galerii sau tuburi consolidate de anumite secreţii; lungimea galeriilor uneori depăşeşte de câteva ori lungimea animalului însuşi. Unele animale se deplasează activ prin sediment, înglobându-l pentru a extrage din el substanţele organice sau caută în mod activ hrana.

---

[86] *sedere* (lat.) = a sta jos
[87] *vagus* (lat.) = rătăcitor, nomad
[88] *errare* (lat.) = a umbla

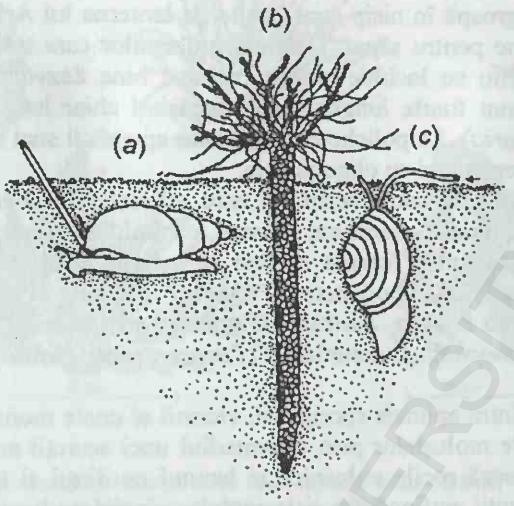


Figura 4.8 Exemple de specii săpătoare: (*a*) melcul *Hinia reticulata*, care îşi scoate la suprafaţă doar sifonul pentru a detecta prin chemotactism apropierea prăzii; (*b*) polichetul *Lanice conchilega*, care trăieşte în tuburi construite din particule de nisip şi pietriş şi care îşi scoate coroana de tentacule cu care capturează hrana; (*c*) molusca bivalvă *Angulus tenuis*, care aspiră cu ajutorul sifonului mici organisme sau particule organice de la suprafaţa sedimentului (după Grzimek, 1988)

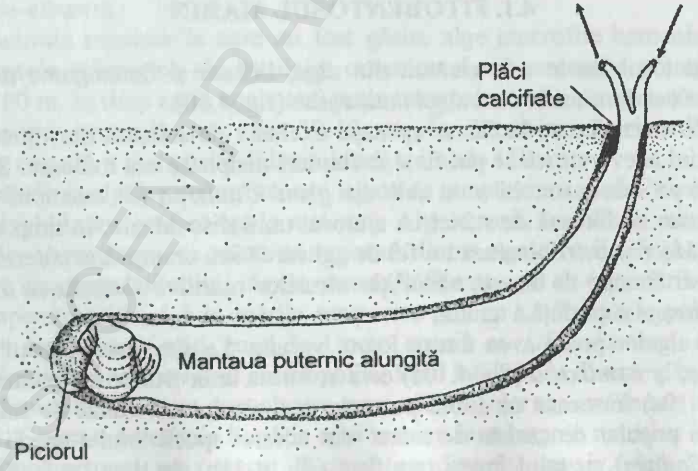


Figura 4.9 Secţiune transversală prin galeria forată în lemn de taret sau viermele-corăbiilor, *Teredo* (după Trueman, 1975, din Levinton, 1995)

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Acest mod de viață determină o serie de modificări ale structurii lor. Echinidele neregulate care se îngroapă în nisip sunt lipsite de lanterna lui Aristotel, iar acele lor sunt transformate în organe pentru săpat. Cochilia moluștelor care trăiesc în sediment devine netedă, subțire, care nu se închide strâns; piciorul bine dezvoltat este lipsit de glanda bisogenă; sifoanele sunt foarte lungi, uneori depășind chiar lungimea animalului (ca de exemplu la *Mya arenaria*). La polichetele săpătoare apendicii sunt reduși sau chiar absenți, multe dintre acestea semănând cu oligochetele.

5) *Bentosul forant* sau *sfredelitor* care sfredelește rocile sedimentare, stâncile calcaroase, marnele argiloase, marmura, betonul, cărămida, lemnul și cochiliile moluștelor (fig. 4.9). Printre organismele forante marine se numără unele cianobacterii, alge roșii, spongieri (*Cliona vastifica*), polichete (*Polydora ciliata*, *Dodecaceria*), sipunculide, moluște bivalve (*Teredo navalis*, *Bankia*, *Lithophaga mytiloides*, *Pholas dactylus*, *Barnea candida*, *Petricola lithophaga*), echinidele (*Paracentrotus lividus*) și crustaceul izopod *Limnoria lignorum*.

Algele, iar dintre animale spongierii, viermii și unele moluște își sapă galeriile în calcar sau în cochiliile moluștelor prin intermediul unei secreții acide (*acțiune chimică*). Unele moluște perforează rocile vulcanice și lemnul cu dinții și țepii care se găsesc pe cochilii, iar reprezentanții amfipodelor și izopodelor sfredelesc lemnul cu ajutorul pieselor bucale bine dezvoltate (*acțiune mecanică*). De obicei, organismele forante nu își părăsesc niciodată locuința, mărind-o progresiv pe măsura creșterii taliei, fiind captive toată viața lor. Hrănirea are loc pe seama particulelor planctonice și detritusului în suspensie; animalele care sapă în lemn se pot hrăni cu celuloză. Răspândirea lor este asigurată de larvele planctonice liber înotătoare.

4.1. FITOBENTOSUL MARIN

Fitobentosul marin este alcătuit din alge, licheni și fanerogame marine. Dintre plantele marine net dominante sunt algele macrofite (fig. 4.10).

Algele macrofite se întâlnesc aproape exclusiv pe substrat dur, pietros, deoarece neavând rădăcini adevărate nu se pot fixa pe funduri nisipoase sau mâloase. Singurele alge care pot trăi și pe substrat mobil sunt cele din genul *Caulerpa* (de exemplu *C. prolifera*). *Fucus vesiculosus* se fixează de stânci cu ajutorul unui disc adeziv, în timp ce *Laminaria* (fig. 4.10e) și *Macrocystis* formează un fel de „gheare" sau crampoane puternic ramificate. Rizoizii au doar funcție de fixare, absorbția sărurilor nutritive făcându-se direct din apa marină prin întreaga suprafață a talului.

Talul algelor poate avea forme foarte variate. La *Peyssonelia* talul are aspectul unei membrane, la *Laminaria* (fig. 4.10e) este în forma unor frunze lanceolate, iar la *Ulva lactuca* (fig. 4.10a) formează un filoid puternic dezvoltat, ca o frunză de salată, de unde vine și numele popular de „salata de mare" dat acestei specii. Multe specii (*Ceramium*, *Cladophora*, *Codium*) au talul foarte ramificat (fig. 4.11b), în timp ce la *Enteromorpha intestinalis* acesta este fistulos (fig. 4.11c).

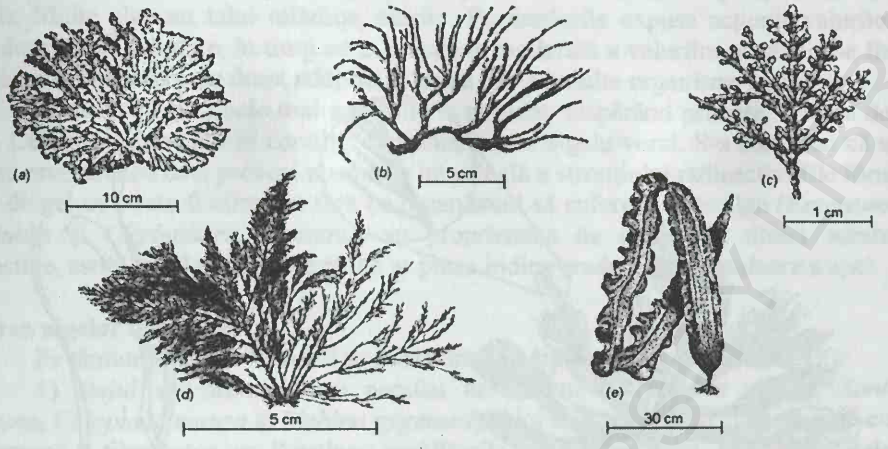


Figura 4.10 Exemple de alge macrofite: (*a*) alga verde *Ulva*; (*b*) alga verde *Codium*; (*c*) alga roşie *Corallina*; (*d*) alga roşie *Polysiphonia*; (*e*) alga brună *Laminaria* (după Levinton, 1995)

Factorii care influenţează răspândirea algelor macrofite

Lumina este factorul determinant în distribuţia algelor, inducând o selectare şi o etajare a algelor în raport cu pigmenţii asimilatori. Astfel, algele verzi (Chlorophyta) se întâlnesc mai ales în zonele puţin adânci din preajma litoralului, deoarece au nevoie de lumina roşie din spectrul luminos. Algele brune (Phaeophyta) se întâlnesc la adâncimi ceva mai mari, iar algele roşii (Rhodophyceae) pătrund cel mai adânc, putând face fotosinteză şi în lumina verde-albastră.

Adâncimile maxime la care au fost găsite alge macrofite bentonice sunt foarte variate. Pe pantele submarine ale insulelor oceanice algele macrofite pot ajunge până la adâncimi de 100 m, în timp ce în apele mai puţin transparente din preajma ţărmurilor limita de răspândire pe verticală este de 30-40 m. În Mediterana orientală alga verde *Palmophyllum crassus* a fost găsită chiar şi la adâncimi de 150 m.

Răspândirea algelor macrofite este legată de temperatura apei. Cu excepţia genului *Sargassum*, algele brune preferă apele mai reci. Algele roşii, în schimb, abundă în mările tropicale calde. Cercetătorii au arătat că raportul dintre algele roşii (*R*) şi cele brune (*P*) scade odată cu creşterea latitudinii. Acest raport (*R/P*) este egal cu 4 în mările tropicale, 2,5 în mările temperate calde, 1,3 în mările temperate reci şi 1,1 în mările polare. În Marea Neagră acest raport este egal cu 1,5. Unele specii ca *Ulva lactuca*, *Enteromorpha compressa*, *Ceramium rubrum* sunt cosmopolite, fiind întâlnite în diverse părţi ale globului.

La ţărmurile europene dezvoltarea maximă a algelor macrofite are loc în perioada rece a anului. Cauza o constituie bogăţia apei marine în substanţe nutritive în acest sezon; tot atunci fitoplanctonul n-a apucat încă să se dezvolte masiv, deci nu stânjeneşte dezvoltarea macrofitelor. Algele prezintă o rezistenţă variată la frig: unele mor la temperaturi de 3-5°C (*Laminaria*, *Delesseria*), iar altele rezistă chiar şi la –10°C (*Fucus vesiculosus* şi *Chondrus crispus*). Cele din prima categorie trăiesc în zona sublitorală, iar ultimele populează zona litorală, înfruntând rămânerea pe uscat şi îngheţul.

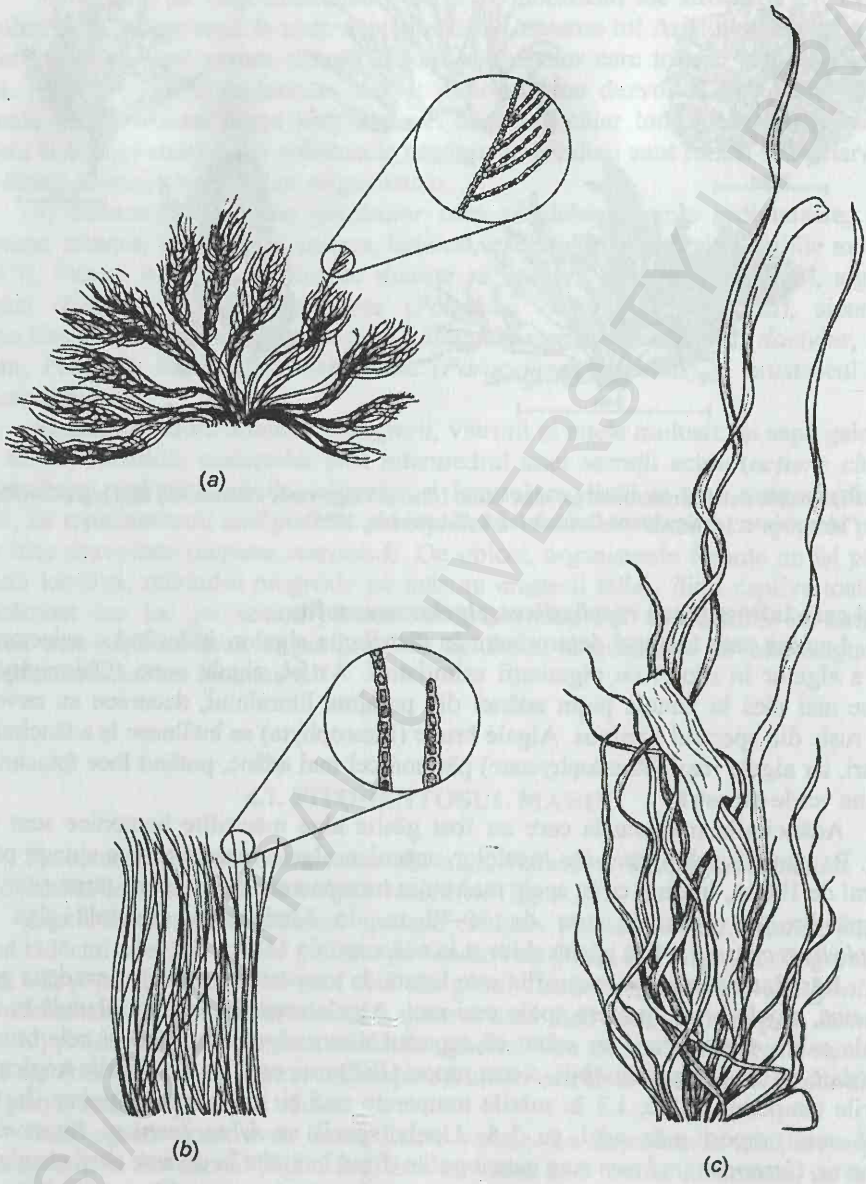


Figura 4.11 Tipuri de taluri la unele alge verzi: (*a*) tal filamentos ramificat la *Cladophora sericea*; (*b*) tal filamentos neramificat la *Chaetomorpha linum*; (*c*) tal tubulos la *Enteromorpha intestinalis* (după Nybakken, 1988)

Agitația puternică a apei în apropierea țărmului a determinat apariția unor adaptări speciale. Multe alge au talul mlădios, elastic. Pe fundurile expuse acțiunii valurilor pot exista doar algele mărunte, în timp ce la o acțiune moderată a valurilor pe stânci se fixează și algele mari, care servesc drept adăpost și hrană pentru multe organisme animale.

Algele roșii sunt cele mai sensibile la poluare, dispărând primele, urmate de cele brune. Cele mai rezistente în condiții de poluare sunt algele verzi. S-a constatat că algele verzi au proprietatea de a preveni absorbția intestinală a stronțiului radioactiv. Ele formează un fel de gel ce poate fi eliminat fără ca organismul să sufere. Unele alge (*Enteromorpha intestinalis* și *Cladophora rupestris*) au proprietatea de a absorbi direct substanțele radioactive, astfel locul unde se dezvoltă ar putea indica gradul de contaminare a apei.

Zonarea algelor macrofite

Pe țărmurile Mării Mânecii se poate urmări următoarea zonare (fig. 4.12):

1) *etajul supralitoral* este populat de licheni (*Verrucaria maura*, *Xanthoria parietina*, *Caloplaca maura* și *Lichina pygmaea*). Aici se mai pot găsi și unele alge cu talul membranos și filamentos, ca *Porphyra umbilicalis* și *Enteromorpha*. Aceste specii de alge pot tolera o pierdere de apă de până la 60-90% fără ca să moară.

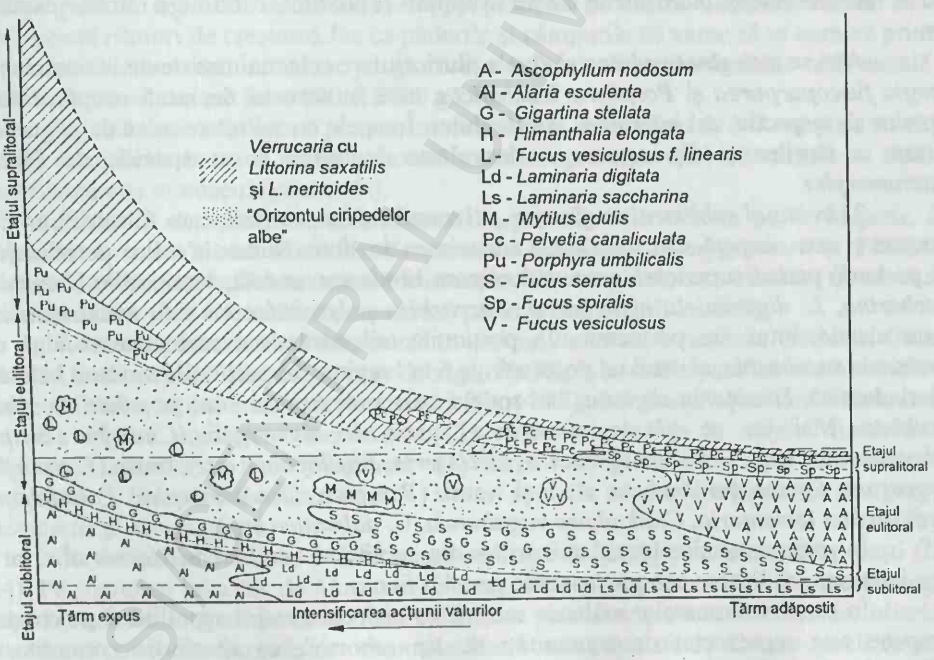


Figura 4.12 Diagramă care ilustrează distribuția unor plante și animale dominante pe litoralul pietros al Mării Mânecii în funcție de gradul de expunere la acțiunea valurilor (după Tait, 1970)

BCU ASTRAL UNIVERSITY LIBRARY

2) în *etajul eulitoral*, de flux-reflux, macrofitele sunt mult mai bine reprezentate din punct de vedere calitativ şi cantitativ decât în etajul supralitoral, cu toate că unele au un caracter sezonier. Aici predomină fucaceele (*Fucus platycarpus*, *F. ceranoides*). În zonele adăpostite limita superioară a zonei intermareice este marcată de mica algă brună *Pelvetia canaliculata*. Din totalul celor 12 ore de flux, *Pelvetia* este complet acoperită de apă numai 1-2 ore, timp suficient ca să-şi recapete vitalitatea. Pe ţărmurile puternic bătute de valuri această specie lipseşte (fig. 4.12). Partea mijlocie a zonei mareelor este ocupat de „orizontul cu *Fucus*". Fucaceele se succed astfel: în partea superioară a acestui orizont, alături de tufele de *Pelvetia*, apare sporadic *Fucus spiralis*, urmat masiv de *Fucus vesiculosus*, amestecat cu *Ascophyllum nodosum*. *Fucus vesiculosus* se fixează pe pietre, iar *Ascophyllum* numai pe stânci şi blocuri mari. Asociaţia acestor două alge acoperă întreaga parte superioară a zonei fucaceelor. Mai jos apare *Fucus serratus* şi *Gigartina stellata*. În băltoacele rămase după reflux prosperă algele roşii floridee (*Laurencia pinnatifida* şi *Ceramium rubrum*). Limita inferioară a zonei mareelor este marcată de nişte alge în formă de şnur, *Himanthalia elongata*, fixate de pietre printr-un picior, ca o ciupercă, ce se continuă cu o codiţă scurtă care se împarte apoi în mai multe fâşii lungi de câţiva metri şi care poartă organele reproducătoare. Împreună cu ea se află struna mării, *Chorda filum*, algă brună, sub formă de sfori lungi. În ochiurile de apă din partea inferioară a eulitoralului se găsesc alga calcaroasă *Coralina officinalis* şi alga roşie *Chondrus crispus*. Se pare că la *Fucus* rata asimilaţiei clorofiliene creşte în timpul refluxului, când alga rămâne expusă la aer.

Aici se mai găsesc adesea şi algele pluricelulare cele mai rezistente la uscăciune ca *Bangia fuscopurpurea* şi *Porphyra leucosticta*, care în sezonul de iarnă ocupă orizontul superior şi, respectiv, cel inferior al eulitoralului. În apele cu salinitate mică de la gurile de vărsare a râurilor şi din estuare o dezvoltare deosebită o au speciile de *Ulva* şi *Enteromorpha*.

3) în *etajul sublitoral* se găseşte „orizontul cu *Laminaria*", care formează un desiş compact şi care acoperă stâncile până la adâncimea de 40 m. Numai la reflux puternic (de 2 ori pe lună) partea superioară a acestui orizont rămâne exondată, laminariile (*Laminaria saccharina*, *L. digitata*, *L. hyperborea*, *Saccorhiza polyschides* etc.) formând atunci un covor elastic, brun sau portocaliu. În porţiunile adăpostite cea mai comună algă este *Laminaria saccharina*, al cărei tal poate atinge 6 m lungime, în porţiunile moderat bătute de valuri domină *Laminaria digitata*, iar zonele cele mai expuse sunt populate de *Alaria esculenta*. Mai jos se găsesc numeroase specii de alge roşii (*Chondrus crispus*, *Lithothamnium* spp., *Coralina officinalis*, *Delesseria*, *Phyllophora* etc.), brune (*Ectocarpus*, *Sargassum*, *Cystoseira barbata* etc.) şi verzi (*Bryopsis*, *Chaetomorpha*, *Polysiphonia*, *Scythosiphon lomentaria*, *Cladophora vagabunda*, *C. dalmatica* etc.).

În apele antarctice locul laminariilor din sublitoral este luat de *Macrocystis*, iar în zona intermareică lipsesc complet speciile genului *Fucus*.

În cazul sedimentelor mâloase sau mâlos-nisipoase etajul supralitoral pe coastele europene este reprezentat de comunităţi de tip „shorre", cu specii de cormofite ca *Salicornia* şi *Arthrocnemum*, uneori în amestec cu cianobacterii. Flora de dune este dominată de garoafa de plajă *Armeria vulgaris*, *Psamma arenaria*, *Agropyrum juncetum* şi *Carex arenaria*.

Pădurile de varec

Sublitoralul stâncos al regiunilor temperate reci este adeseori populat de o asociație caracteristică dominată de algele brune cu talul foarte lung, cunoscute sub numele generic de *varec*. Atunci când aceste alge nu ajung până la suprafața apei asociațiile care iau naștere poartă numele de „câmpuri de varec", iar atunci când talurile lor formează la suprafața apei un fel de bolți plutitoare se vorbește de așa-zisele „păduri de varec".

Dependența algelor de lumină le restrânge dezvoltarea la adâncimi mici. De aceea, în apele limpezi asociațiile de varec se pot dezvolta până la maxim 20-30 m adâncime, în timp ce în apele mai tulburi acestea nu coboară sub 5-15 m adâncime. Dezvoltarea desișurilor de varec este condiționată și de temperatură, deoarece „pădurile de varec" cele mai luxuriante se întâlnesc în apele cu temperaturi mai mici de 20°C. Speciile de *Macrocystis* și *Nereocystis*, unele putând măsura peste 100 m lungime, se întâlnesc mai ales în apele antarctice și pe coasta Pacifică a Americii de Nord, în timp ce speciile genului *Laminaria* populează îndeosebi apele reci ale Atlanticului de Nord și cele ale Asiei de sud-est.

Deoarece apele de mică adâncime sunt în permanență reîmprospătate în săruri nutritive, atât datorită turbulenței constante a apei provocate de acțiunea valurilor și curenților mareici, cât și datorită aportului terigen sau prin *upwelling*, algele brune de aici prezintă rate de creștere de-a dreptul impresionante. Astfel, *Nereocystis luetkeana* poate crește cu până la 6 cm/zi, iar *Macrocystis pyrifera* de pe coasta Californiei chiar cu 50 cm/zi! Aceste ritmuri de creșterea fac ca pădurile și câmpurile de varec să se numere printre cele mai productive comunități de pe glob. S-a estimat că productivitatea netă anuală a pădurilor de varec variază între 800 și 2000 g C/m^2.

Algele brune sunt specii perene, unele având o longevitate de 3-7 ani și au un ciclu de viață complicat, în care stadiul asexuat macroscopic (*sporofit*) alternează cu stadiul sexuat filamentos minuscul (*gametofit*).

„Pădurile de varec" sunt dominate de genurile *Macrocystis* și *Nereocystis*, iar „câmpurile de varec" sunt dominate de genurile *Laminaria*, *Pterygophora* și *Ecklonia*. Desișurile de varec creează o structură tridimensională complexă, care oferă un număr mare de microhabitate și de aceea se caracterizează printr-o mare biodiversitate.

Adeseori pădurile de varec prezintă mai multe straturi verticale distincte, fiecare strat fiind dominat de o anumită specie de algă. Astfel, la coastele pacifice ale Americii de Nord pot fi diferențiate următoarele straturi (fig. 4.13): (1) stratul speciilor filamentoase mici și a algelor coraligene încrustante, (2) stratul algelor de la nivelul fundului ca *Gelidium*, *Calliarthron* și *Plocamium*; (3) stratul speciilor mai mici de varec ca *Pterygophora*, *Eisenia* și *Laminaria*; și (4) stratul superior al speciilor gigantice ca *Egregia*, *Macrocystis* și *Nereocystis*.

În desișurile de varec trăiesc numeroase specii de alge, nevertebrate și pești (fig. 4.14). Pe suprafața talurilor de *Macrocystis* sau a altor alge trăiesc diferite animale vagile (izopode) sau sesile (polichete, briozoare). Printre rizoizi mișună mici echinide, ofiuride, crustacee și polichete. Suprafețele orizontale libere sunt populate de diverse specii de stele de mare, echinide și pești bentonici, iar cele verticale de specii sesile de spongieri, ascidii, briozoare și actinii. În câmpurile atlantice cu *Laminaria* abundă aricii de mare și *Mytilus edulis*. O specie comună este și homarul (*Homarus americanus*), care se hrănește în special cu midii și crabi, dar poate consuma și alte moluște sau arici de mare. În pădurile de varec din Oceanul Pacific specii erbivore sunt urechea de mare (*Haliotis*), patelidele și aricii de

mare. Aricii de mare prind fragmentele de alge purtate de curenţii de apă cu ajutorul spinilor dorsali şi al picioarelor ambulacrare, pe care apoi le transportă pe faţa orală şi le ingeră. Aricii de mare care se hrănesc astfel sunt sedentari, aşteptând ca fragmentele de tal să fie antrenate către ei. În pădurile dense de varec talurile puternic fragmentate sunt utilizate ca hrană de organismele filtratoare, ca de exemplu de midii.

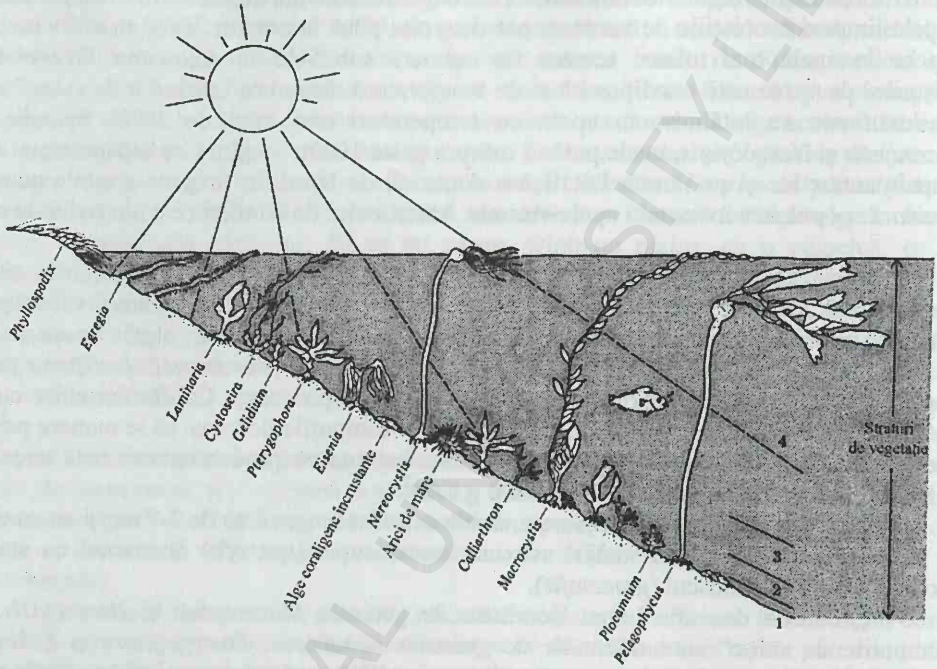


Figura 4.13 Distribuţia unor genuri comune de alge din pădurile de varec de pe coasta Pacifică a Americii de Nord (explicaţia în text) (după Foster şi Schiel, 1985, din Nybakken, 1988)

O specie asociată desişurilor de varec este vidra de mare (*Enhydra lutris*), care se hrăneşte în special cu arici de mare, moluşte şi peşti. Aceasta se scufundă după diverse animale pe care le aduce la suprafaţă. Adeseori ea foloseşte pietre pentru a zdrobi părţile tari ale moluştelor sau ale aricilor de mare şi le consumă în timp ce pluteşte pe spate la suprafaţa apei. Vidra de mare a fost intens vânată pentru blană, ceea ce a dus această specie aproape în pragul dispariţiei, în special pe coastele Californiei şi Alaskăi. Abia după 1911 această specie a fost pusă sub protecţie şi a început să îşi refacă efectivele.

Deoarece pădurile şi câmpurile de varec se întâlnesc în apele de mică adâncime ale ţărmurilor deschise, ele sunt supuse acţiunii valurilor şi furtunilor. În timpul iernii furtunile puternice pot smulge părţile de tal care plutesc la suprafaţă. În apele liniştite, speciile gigantice de varec sunt competitiv superioare, deoarece au mai mult acces la lumina solară. Totuşi, algele brune mai scunde supravieţuiesc mai uşor furtunilor şi pot împiedica instalarea speciilor gigantice prin umbrirea lor. Furtunile puternice pot avea uneori un efect devastator, denudând complet pădurile de varec. Părţile de tal smulse de furtuni sunt treptat regenerate din rizoizi sau din alte meristeme rămase.

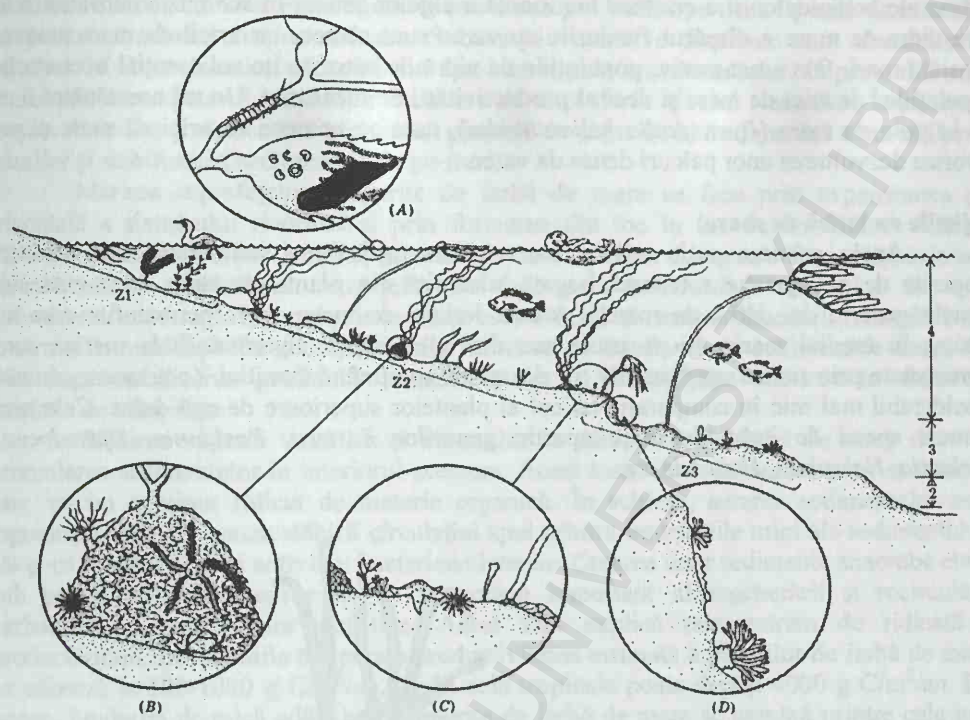


Figura 4.14 Reprezentare generalizată a organismelor ce populează pădurile de varec. Numerele din partea dreaptă indică straturile de vegetație (vezi fig. 4.13). Diferitele asociații sunt prezentate în diagramele circulare: (*A*) animalele asociate suprafeței talurilor de *Macrocystis* și altor alge; (*B*) animalele ce trăiesc printre rizoizi; (*C*) animale caracteristice suprafețelor orizontale; (*D*) organisme ce populează suprafețele verticale (după Foster și Schiel, 1985, din Nybakken, 1988)

Furtunile pot induce și o schimbare a comportamentului aricilor de mare, care se traduce prin variații ale structurii desișurilor de varec. Când fundul este dezgolit de varec, echinidele se deplasează pe substrat în căutarea algelor nou-fixate cu care se hrănesc, deoarece bucățile de tal purtate de apă lipsesc. În acest caz se dezvoltă puternic algele coraligene și care dau naștere unor funduri golașe. În anii favorabili instalării algelor macrofite acestea pot scăpa devastării de către echinide. Drept urmare, echinidele devin mai sedentare și nu devastează algele nou-fixate. Uneori furtunile puternice pot distruge chiar și populațiile de echinide, ceea ce va favoriza instalarea ulterioară a algelor brune.

Un alt factor care are influență asupra dezvoltării desișurilor de varec este reprezentat de acțiunea din partea speciilor erbivore. Există relativ puține specii erbivore care să poată consuma speciile de varec. S-a estimat că numai 10% din producția netă este consumată în mod direct, restul de 90% intrând în rețeaua trofică sub formă de detritus și materie organică dizolvată. Totuși, unii arici de mare (*Strongylocentrotus franciscanus*, *S. purpuratus*), melci (*Astraea undosa*) sau pești pot avea influențe semnificative asupra desișurilor de varec. Populațiile de echinide, care sunt principalii consumatori de varec, sunt ținute în frâu de către diverși prădători, iar exploziile populaționale ale echinidelor sunt datorate în principal reducerii dramatice a populațiilor de prădători. Astfel, în zona insulelor

Aleutine acvatoriile în care se întâlnesc populaţii dense de vidră de mare prezintă efective reduse ale echinidelor şi o creştere luxuriantă a algelor brune. În schimb, în acvatoriile în care vidra de mare a dispărut fundurile cu varec sunt sărace, iar aricii de mare prezintă densităţi mari. Din acest motiv, populaţiile de vidră de mare au un rol esenţial în controlul populaţiilor de arici de mare şi deci al productivităţii de macrofite. Un rol asemănător îl au unele stele de mare (*Pycnopodia helianthoides*), care se hrănesc cu arici de mare şi pot favoriza dezvoltarea unor pâlcuri dense de varec.

Pajiştile cu iarbă de mare

Apele costiere puţin adânci ale mărilor tropicale şi temperate sunt adeseori acoperite de o vegetaţie submersă bogată, alcătuită din plante acvatice, cunoscute sub numele generic de „iarbă de mare". Aceste ierburi de mare sunt spermatofite care au pătruns în mediul marin de pe uscat sau din apele dulci. Spermatofitele marine sunt reprezentate prin numai aproximativ 50 de specii aparţinând familiei Zosteraceae, număr considerabil mai mic în comparaţie cu cel al plantelor superioare de apă dulce. Cele mai comune specii de iarbă de mare aparţin genurilor *Zostera*, *Posidonia*, *Cymodocea*, *Thalassia*, *Halophila*, *Halodule* etc.

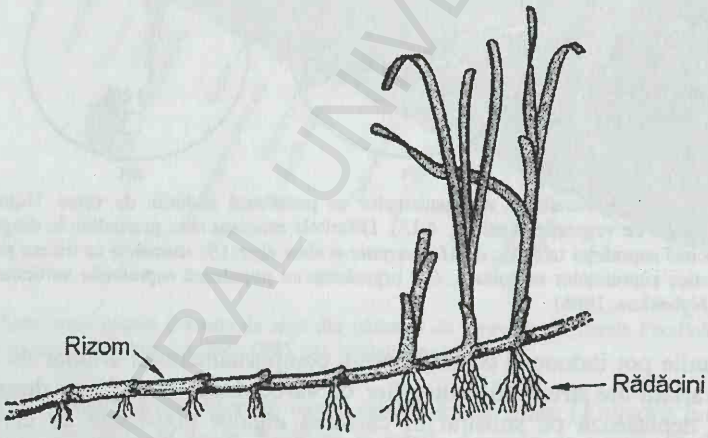


Figura 4.15 Iarba de mare, *Zostera* (după Ross, 1976)

Cele mai multe fanerogame marine populează mările tropicale, deşi unele sunt răspândite şi în mările temperate. Cea mai larg răspândită este *Zostera marina* (fig. 4.15). Aceasta nu coboară sub 15 m adâncime, în schimb *Posidonia oceanica* şi *Cymodocea* din Marea Mediterană ajung până la 40 m, iar genul *Halophila* din Golful Mexic ajunge chiar la 60 m adâncime. Totuşi, pajiştile de iarbă de mare cele mai dense se dezvoltă în sublitoralul superior, între linia ţărmului şi 3-5 m adâncime, deoarece răspândirea lor în adâncime este limitată de cantitatea de lumină ajunsă la nivelul frunzelor. Dezvoltarea organismelor epifite (briozoare, alge microscopice) pe frunzele ierbii de mare poate diminua şi mai mult cantitatea de lumină captată.

Pajiştile de iarbă de mare se dezvoltă mai bine în ape liniştite, în care curenţii au viteze mai mici de 0,5 m/s. Fanerogamele marine se pot întâlni pe toate tipurile de substrat, dar preferă fundurile nisipos-mâloase. Substanţele nutritive dizolvate sunt absorbite în principal de către rizomi şi rădăcini din apa interstiţială a sedimentelor. O parte din azot este obţinută cu ajutorul bacteriilor fixatoare de azot de la nivelul rizomilor. Împletitura deasă a rizomilor şi rădăcinilor protejează plantele de acţiunea hidrodinamică a curenţilor şi valurilor şi stabilizează sedimentele de pe fund.

Mărirea suprafeţelor acoperite de iarbă de mare se face prin expansiunea pe orizontală a sistemului rizomial şi prin formarea din loc în loc de noi lăstari. Uneori ierburile de mare se pot înmulţi şi sexuat, când acestea formează flori sărăcăcioase. Polenizarea şi răspândirea seminţelor se face prin intermediul curenţilor de apă. Colonizarea unor suprafeţe noi prin seminţe este dificilă în cazul sedimentelor nestabilizate şi sărace în nutrienţi. De aceea, ierburile de mare se instalează pe sedimentele dezgolite abia după stabilizarea prealabilă a sedimentelor şi îmbogăţirea acestora în elemente nutritive de către alge.

Slăbirea acţiunii valurilor şi curenţilor în câmpurile de iarbă de mare duce la acumularea sedimentelor în interiorul acestora. Acest lucru duce la crearea unor sedimente fine, cu un conţinut ridicat de materie organică. În schimb, aerarea sedimentelor este îngreunată, atât din cauza slăbirii circulaţiei apei printre interstiţiile mici ale sedimentului, cât şi ca rezultat al unei activităţi bacteriene intense. Crearea unor sedimente anaerobe chiar sub primii milimetri reprezintă un mecanism important al regenerării şi recirculării carbonului şi substanţelor nutritive. Acest fapt explică rata extrem de ridicată a productivităţii. În regiunile temperate productivitatea estimată a pajiştilor de iarbă de mare se cifrează la 500-1000 g C/m^2/an, iar în cele tropicale poate depăşi 4000 g C/m^2/an. De aceea, fundurile de mică adâncime acoperite de iarbă de mare se numără printre cele mai productive comunităţi marine.

Ierburile de mare formează pajişti dense, cu până la 4000 de fire pe metru pătrat şi o biomasă de 2 kg/m^2. Fundurile acoperite cu iarbă de mare pot varia ca întindere de la pâlcuri răzleţe până la câmpuri compacte ce acoperă mai mulţi kilometri pătraţi. De regulă, aceste funduri sunt dominate de o singură specie de iarbă de mare.

Frunzele şi rizomii ierburilor de mare oferă un habitat tridimensional complex pentru diverse specii de alge şi animale. Firele ierbii de mare sunt populate de diverse specii epifite sesile: hidroide, spongieri, ciripede (*Balanus improvisus*), briozoare (*Membranipora zostericola*), polichete tubicole (*Janua pagenstecheri*) şi alge. Uneori biomasa acestora poate depăşi chiar şi pe cea a frunzelor pe care se fixează. Bioderma bogată de diatomee de pe frunze este păscută de diverse gasteropode ca *Hydrobia*, *Rissoa*, *Cerithidium*, *Bittium* etc. Prin desişul frunzelor înoată crevete (*Palaemon adspersus*) şi peşti (*Nerophis ophidion*, *Syngnathus* spp.). Stadiile juvenile timpurii ale scoicii *Argopecten irradians* se fixează cu ajutorul bisusului de firele de iarbă de mare şi trăiesc ataşate timp de câteva luni înainte de a trece la viaţa pe substrat. În acest fel, juvenilii sunt feriţi de acţiunea prădătorilor. Reducerea vitezei curenţilor de apă înlesneşte depunerea pe substrat a larvelor planctonice. De asemenea, presiunea din partea prădătorilor în desişurile de iarbă este mai mică deoarece aceştia pot pătrunde mai greu aici. Speciile suspensivore sunt favorizate prin creşterea cantităţii de suspensii din interiorul pajiştilor de iarbă de mare.

Cantitățile însemnate de materii organice produse de fanerogamele marine fac din ele o sursă importată de hrană în diferitele zone ale globului. Totuși, bogăția în celuloză face ca puține specii de animale să se poată hrăni direct cu iarbă de mare. Marea majoritate a materiei organice produse de iarba de mare intră în lanțul trofic detritic. Principalii consumatori direcți de iarbă de mare sunt unele păsări, câțiva pești, arici de mare, broaște țestoase și lamantinii. Iarba broaștelor țestoase (*Thalassia testudinum*) este consumată de broasca țestoasă verde (*Chelonia mydas*), care prezintă în tractusul digestiv o microfloră bacteriană ce-i permite digestia. În regiunile tropicale ariciul de mare *Diadema antillarum* se hrănește în pajiștile de iarbă de mare care înconjoară recifele lagunare, producând așa-numitele „halouri", care nu reprezintă altceva decât porțiunile de fund denudate de acest erbivor. Ziua această specie se ascunde în anfractuozitățile recifului, dar noaptea se deplasează pe fundurile nisipoase învecinate pentru a se hrăni cu iarbă de mare. Pentru evitarea prădătorilor acest arici de mare trebuie să întoarcă spre dimineață la adăpostul recifului. Din acest motiv el nu apucă se denudeze decât o bandă îngustă din jurul recifului.

În prezent suprafețele acoperite de pajiștile de iarbă de mare se află în regres. Astfel, enclavele de *Zostera marina* și *Z. nana* care existau altădată la litoralul românesc al Mării Negre (Băcescu et al., 1971) au dispărut aproape complet. Cauza majoră o reprezintă intensificarea eutrofizării, care duce la creșterea densității fitoplanctonului și deci la descreșterea cantității de lumină disponibilă pentru realizarea fotosintezei de către iarba de mare. O altă cauză ar putea fi reducerea numărului speciilor de pești care se hrănesc cu perifitonul de pe firele de iarbă de mare. Înmulțirea organismelor epifite ar duce, de asemenea, la limitarea accesului ierbii de mare la lumina solară. În alte regiuni dispariția ierbii de mare a fost pusă pe seama atacului din partea unei ciuperci patogene. Deoarece ciuperca nu suportă reducerea salinității, supraviețuirea ierbii de mare este posibilă în părțile îndulcite ale estuarelor.

4.2. ZOOBENTOSUL MARIN

Fundul mării oferă anumite condiții propice pentru dezvoltarea animalelor. Aici există o hrană bogată sub forma resturilor de materii organice care cad pe fund din masa de apă de deasupra și care în anumite zone pot susține populații dense de organisme bentonice. Sedimentele mobile (mâl și nisip) servesc formelor săpătoare drept locuri de hrănire și adăpost contra acțiunii prădătorilor. Substratul dur oferă suprafețe ferme pentru fixarea formelor sesile și permite protecția formelor care trăiesc în crăpături sau care sfredelesc în rocă.

Factorii care influențează distribuția zoobentosului

Diferitele părți ale fundului mărilor și oceanelor sunt populate de comunități caracteristice. Aceste asocieri ale anumitor specii de animale sunt determinate de diferențe ale caracteristicilor fizice și chimice ale apei și sedimentului.

Cu excepția apelor de coastă, proprietățile fizico-chimice ale coloanei de apă, cum ar fi *temperatura*, *salinitatea*, *hidrodinamismul* și *gradul de iluminare*, variază mult mai puțin la interfața apă-sediment decât în apele de suprafață, de regulă din ce în ce mai puțin pe măsura creșterii adâncimii. Totuși, aceste proprietăți joacă un rol important în distribuția

populațiilor bentonice, limitând unele specii la anumite porțiuni ale fundului marin și având un efect major asupra fazelor timpurii ale ciclului biologic, când majoritatea organismelor bentonice trec prin stadiul pelagic. Ouăle și larvele planctonice ale multor specii sunt foarte sensibile la calitatea apei în care plutesc și perioadele dinaintea metamorfozei reprezintă perioadele cu cea mai ridicată mortalitate.

La adâncimi mai mari *presiunea hidrostatică* poate fi un factor important care determină diferențe ale structurii comunităților bentonice. *Turbiditatea apei* este un alt factor la care anumite organisme bentonice sunt foarte sensibile. Cantitatea de particule în suspensie este adesea mult mai mare în apropierea fundului decât în apele de deasupra. Turbiditatea ridicată are efecte negative asupra animalelor bentonice prin astuparea organelor de respirație sau de hrănire.

Animalele bentonice sunt influențate și de *viteza curenților de fund* deoarece aceștia determină granulometria sedimentelor, oxigenarea acestuia și conținutul de materii organice, dar influențează și dispersia larvelor pelagice și ușurința cu care acestea se pot depune pe substrat.

Natura substratului are un rol hotărâtor asupra distribuției organismelor animale pe fundul mărilor (Băcescu, 1972). Deosebim un substrat dur, format din stânci, bolovani și pietre, și un substrat mobil, alcătuit din sedimente nisipoase și mâloase. Granulometria sedimentelor mobile reprezintă un factor important care determină distribuția endofaunei, deoarece modul de îngropare a diferitor specii este caracteristic. Îngroparea în sediment se poate realiza prin săpare activă, prin dislocarea în lateral a particulelor sau prin înghițirea sedimentelor. Unele organisme, pentru a se îngropa, îmbină toate cele trei modalități. Sedimentele grosiere sunt mai greu de dislocat sau de înghițit și din acest motiv dificultatea mecanică de săpare în sedimentele grosiere reprezintă un motiv pentru care acestea sunt slab populate de macrofaună. În schimb spațiile lăsate între granulele de nisip constituie un mediu propice pentru dezvoltarea organismelor meio- și microbentice care formează așa-numita *faună interstițială* (vezi mai jos).

Sedimentele foarte fine, pe de altă parte, pot forma pături compacte în care îngroparea este dificilă, necesitând adaptări speciale. În cazul sedimentelor semifluide predomină formele pivotante, care se mențin deasupra substratului, sau cele care prezintă niște apendici foarte lungi pentru a preveni înfundarea în substrat.

Tipul sedimentelor depinde de viteza curenților de fund. Apele liniștite permit depunerea detritusului fin, conferind sedimentelor o textură mai fină și o cantitate ridicată de materii organice. De aceea, aceste sedimente prezintă populații dense de animale care se hrănesc cu materia organică de la suprafața sau din interiorul sedimentelor. Totuși, circulația redusă sau absentă a apei interstițiale duce la îngreunarea oxigenării sedimentelor și la creșterea concentrației de hidrogen sulfurat, limitând populațiile doar la straturile superficiale ale sedimentului (fig. 4.16). Acolo unde există curenți de fund puternici sedimentele sunt mai grosiere și conțin o proporție mai redusă de materii organice. În schimb, apa interstițială este mai bine oxigenată. Cantitatea mai mică de hrană de aici poate susține populații reduse, dar care se pot îngropa mai adânc în sedimentele grosiere și pot captura particulele în suspensie.

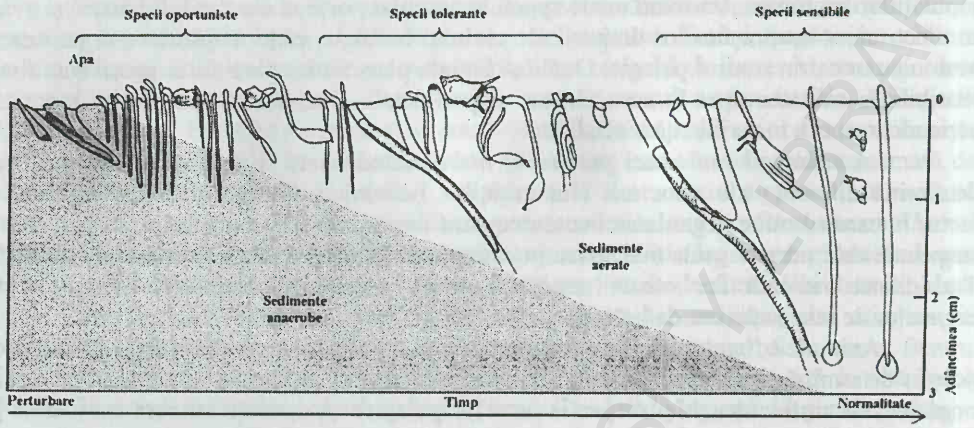


Figura 4.16 Modificările temporale ale compoziției comunităților ce populează sedimentele mobile după o perturbare fizică. Se observă trecerea de la dominanța speciilor ce trăiesc în sedimentele superficiale la speciile ce se îngroapă adânc (după Rhoads et al., 1978, din Nybakken, 1988)

Deși *factorii abiotici* exercită un rol major, distribuția și abundența speciilor în cadrul comunităților bentonice este influențată într-o oarecare măsură și de *factorii biotici*. Printre principalii factori biotici care influențează structura comunităților bentonice pot fi enumerate competiția și prădătorismul.

Competiția între nevertebratele bentonice marine are loc în principal pentru hrană și spațiu. Interacțiunea competitivă dintre organisme poate fi directă sau indirectă. Competiția directă implică fie contactul dintre organisme, fie interferența directă dintre anumite faze ale vieții organismelor. Competiția indirectă implică întreruperea sau prevenirea folosirii unei resurse de către un alt organism.

În cazul substratului dur interacțiunile directe cuprind lupta pentru spațiul liber (vezi Interacțiunile biologice dintre specii și ecologia recifului, Capitolul 6). De pildă, în zona litorală stâncoasă a coastelor scoțiene există o excludere competitivă reciprocă între crustaceele ciripede *Chthamalus* și *Balanus*. Astfel, *Chthamalus* se situează mai sus în zona litorală, deoarece este o specie mai rezistentă la condițiile de emersiune decât *Balanus*. În schimb, *Balanus* este o specie mai competitivă în lupta pentru spațiu decât *Chthamalus*, determinând limita inferioară de răspândire a acesteia din urmă. Drept exemplu de competiție indirectă poate servi constatarea că, pe porțiunile cu fund mâlos, bogat în materii organice, predomină speciile pelofage, în timp ce speciile suspensivore sunt rare sau absente. Aceasta se explică prin faptul că organismele pelofage în timpul hrănirii provoacă resuspendarea particulelor fine de la nivelul sedimentului (*bioturbațiune*), care provoacă colmatarea aparatului filtrator al speciilor suspensivore și sufocarea larvelor lor. Această excludere a unui grup trofic prin modificarea mediului de către un alt grup poartă numele de *amensalism*.

Organismele suspensivore predomină în porțiunile cu fund nisipos, unde cantitatea de materii organice este mai mică și unde speciile pelofage găsesc mai puțină hrană și se pot îngropa mai greu. Aici formele suspensivore exclud speciile pelofage, fie prin împiedicarea depunerii larvelor acestora din urmă pe substrat, fie prin reducerea cantității de hrană care poate ajunge la nivelul sedimentului.

Speciile constructoare de tuburi duc la stabilizarea sedimentelor prin tuburile lor, ceea ce previne resuspendarea particulelor fine. În acelaşi timp, prezenţa în profunzimea substratului a unui număr ridicat de tuburi rigide poate limita spaţiul disponibil pentru deplasarea animalelor săpătoare. În felul acesta speciile tubicole limitează populaţiile animalelor limivore (*interferenţă competitivă*).

Un al doilea factor biotic care are importanţă în determinarea structurii comunităţilor bentonice este *prădătorismul*. Activitatea prădătorilor are ca efect stabilizarea populaţiilor speciilor prădate, dar în anumite situaţii poate duce la depopularea unor zone restrânse urmată de o recolonizare.

O altă cauză a distribuţiei mozaicate constă în faptul că organismele sunt capabile să-şi aleagă habitatul adecvat. Speciile vagile se pot deplasa în căutarea locurilor favorabile, dar cele mai multe creaturi bentonice adulte rămân mai mult sau mai puţin în acelaşi loc, trăind în tuburi sau ataşate de fund. Majoritatea organismelor bentonice posedă larve planctonice, care asigură propagarea speciei uneori pe distanţe considerabile. După aşezarea pe substrat şi metamorfoză acestea rămân pe loc şi pot muri în cazul în care condiţiile de mediu sunt nefavorabile. De aceea, larvele multor specii prezintă un comportament care poate influenţa dispersia şi, în felul acesta, poate mări şansele de supravieţuire. Astfel, la unele larve s-a pus în evidenţă atât abilitatea de a-şi alege zonele pentru aşezarea pe substrat, cât şi capacitatea de a întârzia metamorfoza.

Cantitatea şi calitatea resurselor de hrană are o influenţă majoră asupra structurii calitative şi cantitative a comunităţilor. Resursele trofice sunt mai bogate în apele neritice deoarece productivitatea planctonică a apelor neritice este foarte ridicată. În plus, producţia este crescută datorită prezenţei plantelor bentonice fotosintetizante. O altă sursă de hrană o reprezintă aportul continental.

Un rol oarecare în distribuţia şi abundenţa unor organisme bentonice îl joacă relaţiile biotice de tip comensal, simbiotic sau parazitar. Un exemplu clasic este oferit de crustaceul decapod *Eupagurus bernhardus*, care trăieşte în cochiliile goale ale melcului *Buccinium undatum*. Alte specii de animale se întâlnesc frecvent pe suprafaţa cochiliei, dintre care cel mai comun este antozoarul *Calliactis parasitica* (fig. 4.17). Convieţuirea este reciproc avantajoasă deoarece crabul este protejat de duşmani de către actinie, iar aceasta din urmă capătă o mare mobilitate. Printre alţi locuitori ai suprafeţei externe a cochiliei se numără stridia *Anomia ephippium*, hidrozoarul *Hydractinia echinata*, polichetele tubicole *Spirorbis spirillum*, *Pomatoceros triqueter* şi *Hydroides norvegica*, ciripedul *Balanus crenatus* şi spongierul *Suberites domuncula*. Ciripedul *Trypetesa lampas* se pare că trăieşte numai în cochiliile de *Buccinium* populate de pagur, pe care le perforează în apropierea aperturii. Uneori în cochilia melcului îşi sapă galeriile caracteristice în forma literei U viermele polichet *Polydora*. Înăuntrul cochiliei împreună cu pagurul trăieşte polichetul *Nereis fucata*, care se hrăneşte cu resturile de hrană scăpate de pagur. De asemenea, în interiorul cochiliei poate fi găsit crabul de dimensiuni mici *Porcellana longicornis*. Pagurul poate avea şi paraziţi, ca de exemplu izopodul *Athelges paguri* în camera branhială şi pe ciripedul parazit *Peltogaster paguri* în abdomen. În cazul simbiozei între pagurul *Eupagurus prideauxi* şi actinia *Adamsia palliata*, relaţiile între cele două specii sunt atât de strânse încât acestea nu pot trăi separat. Crabul *Libia tessellata* pentru a se apăra de duşmani poartă în fiecare cleşte câte o actinie aparţinând speciei *Bunodeopsis prehensa* (fig. 4.17).

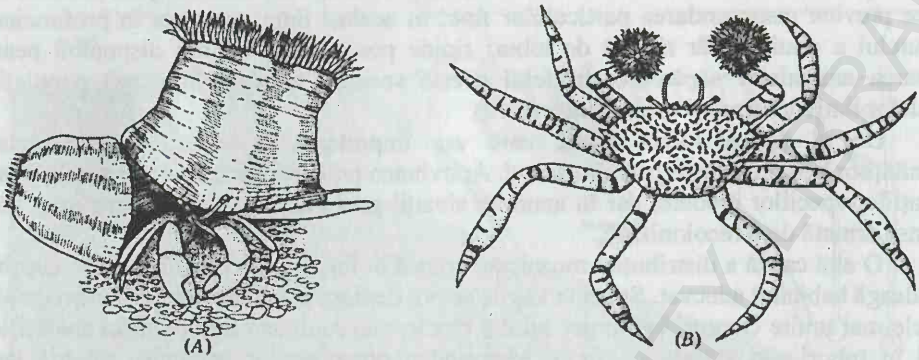


Figura 4.17 Relaţiile de simbioză dintre crabi şi actinii de mare: (*A*) actinia *Calliactis tricolor* fixată pe cochilia populată de pagur; (*B*) crabul *Lybia tessellata* purtând în chele două actinii ale genului *Triactis* (după Nybakken, 1988)

Unele organisme populează galeriile săpate de alte specii. De exemplu, tuburile polichetului *Chaetopterus* sunt adesea populate de crabul comensal *Pinnixa chaetopterans* care se hrăneşte cu particulele antrenate de către curenţii produşi de către parapodele polichetului. Acest crab se instalează în tub încă din perioada larvară şi poate creşte într-atât încât nu mai poate părăsi tubul. Alte organisme trăiesc ataşate de alte animale, formând epibioze de diferite grade.

Comunităţile bentonice prezintă variaţii sezoniere şi multianuale ale structurii calitative şi ale distribuţiei cantitative. În general, comunităţile bentonice sunt foarte stabile pe perioade de timp mai lungi.

Zonarea verticală a macrozoobentosului

Mergând de la ţărm spre adâncimi mai mari există un gradient al condiţiilor de mediu, care se reflectă în compoziţia populaţiilor bentonice. Cele mai pronunţate variaţii ale factorilor de mediu se înregistrează între zona supralitorală şi cea sublitorală superioară datorită perioadelor diferite de submergenţă de la fiecare nivel. Deoarece organismele prezintă grade de toleranţă diferite faţă de perioada de timp cât acestea pot sta exondate în zonele de ţărm, se poate observa o *zonare verticală* bine conturată a comunităţilor de animale. Această zonare se exprimă prin prezenţa organismelor dominante în benzi orizontale distincte. Potrivit lui Levinton (1995) limita inferioară de răspândire a organismelor marine din etajele superioare este determinată de prezenţa prădătorilor sau a speciilor concurente, în timp ce limitele superioare sunt date de nivelul maxim al toleranţei fiziologice a speciei la variaţii de temperatură şi la uscăciune. În cazul etajelor inferioare zonarea verticală este dată de pătrunderea luminii, de temperatură, de gradul de agitaţie a apei şi de presiunea hidrostatică.

În ciuda marii diversităţi a tipurilor de ţărm marin şi a variaţiei geografice a condiţiilor de mediu, comunităţile de organisme ce populează diferitele etaje pot fi caracterizate de relativ puţine forme conducătoare. După cum s-a exprimat plastic Zenkevich „zona litorală reprezintă aceeaşi piesă de teatru, dar jucată de diferiţi actori în locuri diferite". Thorson (1955) avansează conceptul *izocomunităţilor de specii*, arătând că

tipurile similare de substrat de la aceleaşi adâncimi din diferite părţi ale lumii sunt populate de comunităţi similare, în cadrul cărora diferite specii aparţinând aceloraşi genuri sunt vicariante şi caracteristice tipului respectiv de substrat (fig. 4.18).

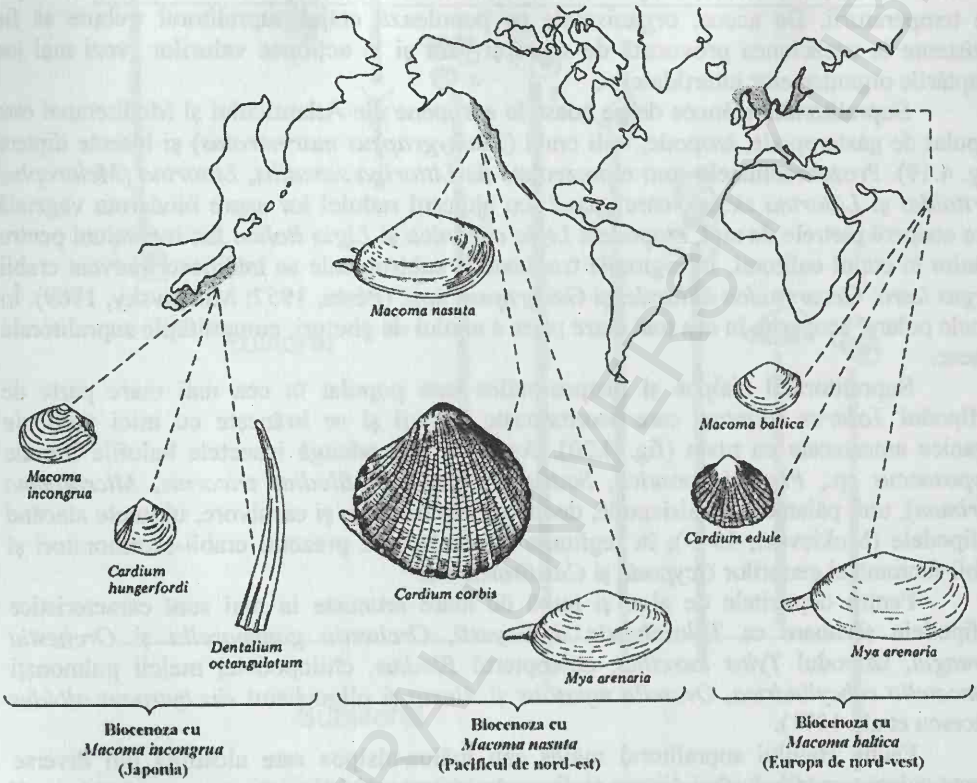


Figura 4.18 Diagramă ilustrând izocomunităţile dominate de bivalva *Macoma* în diferite părţi ale zonei temperate din emisfera boreală (după Thorson, 1957, din Nybakken, 1988)

În cele ce urmează sunt enumerate principalele organisme bentonice caracteristice diferitor tipuri de substrat din etajele sistemului litoral (cele aparţinând sistemului profundal vor fi discutate în Capitolul 7).

Etajul supralitoral

Acest etaj este populat de organisme de origine terestră şi marină, dar întotdeauna primele predomină sub aspect calitativ, în timp ce ultimele predomină cantitativ (Mokievski, 1969). De regulă, organismele supralitorale sunt foarte mobile, putând vieţui doar în imediata apropiere a apei, dar care evită contactul nemijlocit cu apa mării, neputând suporta imersiuni mai lungi. După modul lor de hrănire animalele supralitorale sunt aproape exclusiv detritofage şi necrofage. Legătură acestor organisme cu mediul marin este condiţionată atât trofic, sub forma depozitelor de alge şi animale aruncate de furtuni pe plajă, cât şi microclimatic, acestea depinzând de umiditatea şi salinitatea substratului. Deşi

multe organisme de origine marină s-au adaptat la viața în mediul aerian, ele revin în mediul marin pentru a se reproduce. Organismele de aici sunt supuse unor schimbări bruște, uneori chiar brutale, ale condițiilor de mediu, cum ar fi îndulcirea puternică în urma ploilor a apei interstițiale în cazul sedimentelor mobile sau a apei din ochiurile cu apă în cazul substratului dur, sau invers, creșterea salinității cauzată de evaporare sau variațiile ample ale temperaturii. De aceea, organismele ce populează etajul supralitoral trebuie să fie rezistente la uscăciunea provocată de soare și vânt și la acțiunea valurilor (vezi mai jos adaptările organismelor intertidale).

Supralitoralul stâncos de pe coastele europene ale Atlanticului și Mediteranei este populat de gasteropode, izopode, unii crabi (*Pachygrapsus marmoratus*) și insecte diptere (fig. 4.19). Prozobranhiatele sunt reprezentate de *Littorina saxatilis*, *Littorina (Melaraphe) neritoides* și *Littorina ziczac*, care „pasc" cu ajutorul radulei lor aspre bioderma vegetală care acoperă pietrele de aici. Izopodele *Ligia oceanica* și *Ligia italica* fac incursiuni pentru hrănire în etajul eulitoral. În regiunile tropicale și subtropicale se întâlnesc frecvent crabii *Birgus latro*, *Gecarcoidea lallandei* și *Geograpsus* spp. (Pérès, 1957; Mokievsky, 1969). În zonele polare, acoperite în cea mai mare parte a anului de ghețuri, comunitățile supralitorale lipsesc.

Supralitoralul nisipos și nisipos-mâlos este populat în cea mai mare parte de amfipodul *Talitrus saltator*, care scormonește nisipul și se hrănește cu mici particule organice amestecate cu nisip (fig. 4.20). Acestuia i se adaugă insectele halofile litorale (*Hyposaccus* sp., *Phaleria pontica*, *Scarites laevigatus*, *Bledius tricornis*, *Micralimma marinum*), unii păianjeni și miriapode, deopotrivă detritivore și carnivore, ultimele atacând amfipodele (Mokievski, 1949); în regiunile tropicale sunt prezenți crabii-scormonitori și crabii-fantomă ai genurilor *Ocypoda* și *Cardisoma* etc.

Pentru depozitele de alge și iarbă de mare aruncate la mal sunt caracteristice amfipodele săritoare ca *Talorchestia deshayesii*, *Orchestia gammarella* și *Orchestia montagui*, izopodul *Tylos latreillei*, coleopterul *Bledius*, chilopodele, melcii pulmonați *Truncatella subcylindrica*, *Ovatella myosotis* și *Alexia* și oligochetul *Enchytraeus albidus* (Băcescu et al., 1971).

Fauna etajului supralitoral mâlos sau mâlos-nisipos este alcătuită din diverse insecte coleoptere (*Bledius*) și diptere și din melci pulmonați (*Alexia*).

Etajul eulitoral

În acest etaj condițiile de viață sunt ceva mai prielnice. De aceea, viețuitoarele de aici sunt mai diversificate decât în zona supralitorală. Dar și aici condițiile de mediu prezintă variații destul de mari. La țărmurile adăpostite etajul litoral este mai restrâns ca întindere între nivelul maxim și cel minim al mareei, în timp ce pe porțiunile de țărm expuse acțiunii valurilor etajul litoral are o extindere mult mai mare spre uscat din cauza spargerii valurilor (fig. 4.12).

În etajul eulitoral există organisme mobile care își mențin poziția fixă la un anumit nivel al zonei intermareice și a căror activitate este restrânsă la o anumită perioadă a ciclului mareic. În general, în regiunile temperate formele litorale sunt reprezentate aproape exclusiv de specii active în timpul fluxului, în timp ce în regiunile tropicale predomină formele a căror activitate este restrânsă la perioada refluxului (Mokievsky, 1969).

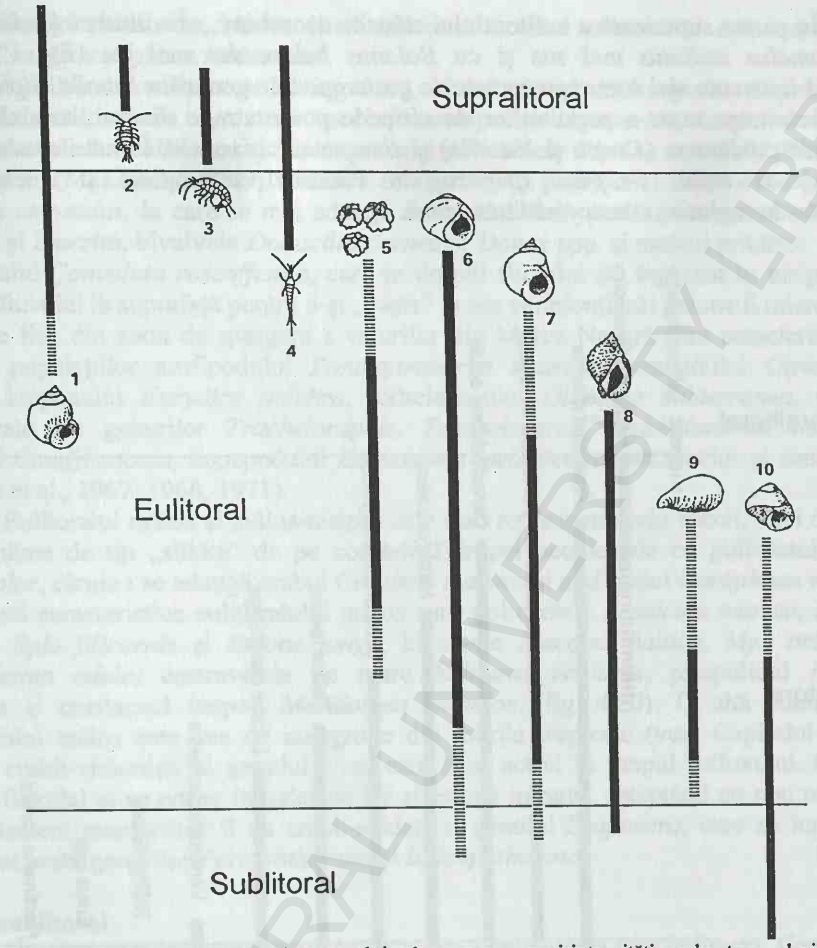


Figura 4.19 Zonarea verticală a animalelor ţărmului stâncos expus unei intensităţi moderate a valurilor din sud-vestul Marii Britanii: (1) melcul *Littorina saxatilis*; (2) izopodul *Ligia oceanica*; (3) amfipodul *Orchestia gammarella*; (4) insecta *Petrobius maritima*; (5) ciripedul *Balanus balanoides*; (6) gasteropodul *Littorina obtusata*; (7) melcul *Littorina littorea*; (8) melcul prădător *Nucella lapillus*; (9) bivalva *Mytilus edulis*; (10) gasteropodul *Gibbula cineraria* (după Grzimek, 1988)

În zona litorală nisipoasă există şi o categorie distinctă de organisme, strâns legate de zona de spargere a valurilor. Aceste organisme litorale se ţin în permanenţă la limita superioară a zonei de spargere a valurilor şi se deplasează odată cu aceasta în sus sau în jos. Cele mai caracteristice organisme de acest fel sunt organismele care filtrează particulele antrenate de către valuri – bivalvele *Donax* spp. şi *Donacilla cornea*, amfipodul *Pontogammarus maeoticus* şi crabii genurilor *Emerita* şi *Hippa*. Aceste specii părăsesc sedimentul odată ce simt presiunea valurilor ce se apropie, după care se deplasează într-o poziţie superioară a zonei litorale şi se îngroapă din nou. La reflux procesul se inversează. Astfel, aceste animale se situează întotdeauna la un nivel al plajei nici foarte uscat, nici foarte bătut de valuri. Atunci când valurile se retrag crabul *Emerita talpoida* îşi întinde cea de-a doua pereche de antene pentru a captura particulele alimentare în suspensie.

BCU FEDERAL UNIVERSITY LIBRARY

În partea superioară a eulitoralului stâncos deosebim „*orizontul ciripedelor albe*", cu *Chthamalus stellatus* mai sus şi cu *Balanus balanoides* mai jos (fig. 4.19). Alte organisme frecvente aici sunt reprezentate de gasteropodele genurilor *Patella, Siphonaria* şi *Nerita*. Densitatea mare a populaţiilor de ciripede poate atrage din sublitoralul superior gasteropode prădătoare (*Drupa* şi *Nucella*) şi care atacă ciripedele. În mările calde aici se găsesc adesea crabi, *Grapsus strigosus* în Pacificul subtropical şi *Pachygrapsus marmoratus* în regiunea atlanto-mediteraneană.

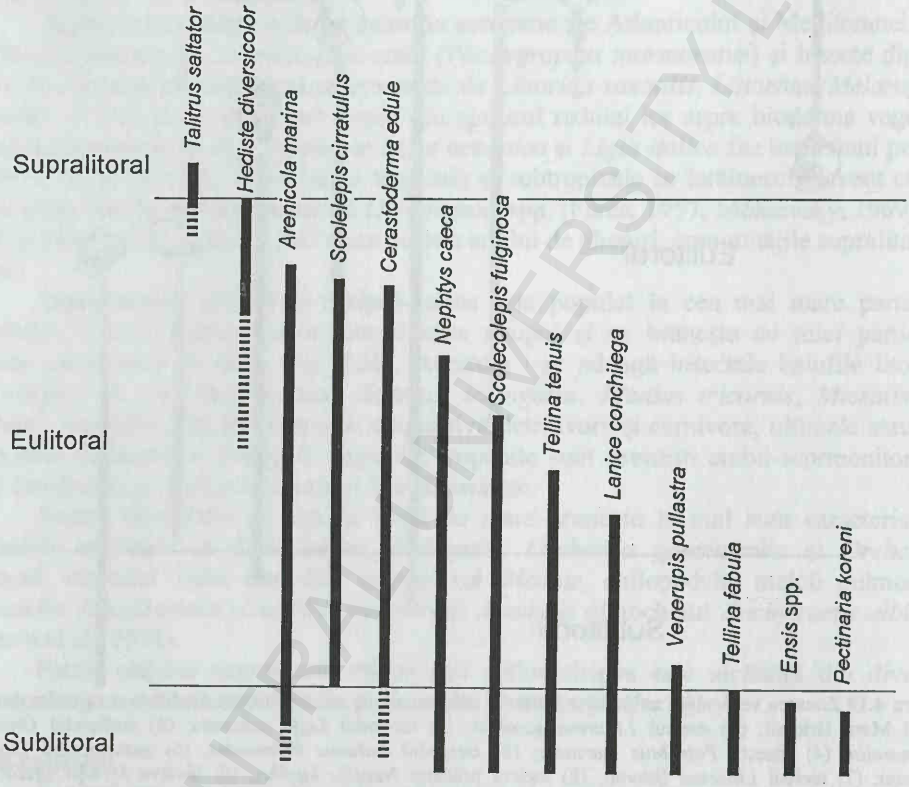


Figura 4.20 Zonarea verticală a unor animale comune de pe ţărm nisipos (după Tait, 1970)

Orizontul inferior este caracterizat prin comunităţile cu *Melobesia*. Aici se mai găsesc gasteropodele *Patella vulgata* şi *Lottia gigantea* şi poliplacoforele *Middendorfia caprearum* şi *Lepidochitona cinereus*. În fisurile stâncilor, ferite de valuri şi uscăciune excesivă, trăiesc melcii *Littorina obtusata, L. littorea* şi *Gibbula umbilicalis*. În ochiurile de apă rămase după retragerea mareei pot fi găsite diferite hidrozoare, antozoare (*Anemonia sulcata, Actinia equina*), spongieri, briozoare, polichete (*Platynereis dumerilii*) şi crustacee (*Jaera nordmanni, Sphaeroma serratum, S. pulchellum, Idotea baltica, Gammarus olivii*). Cu midiile şi balanuşii de aici se hrănesc speciile prădătoare de melci (*Nucella lapillus*) şi stele de mare (*Asterias rubens*). Comunităţile de midii (*Mytilus edulis, Mytilaster lineatus*) sunt caracteristice mărilor temperate, în timp ce în mările calde acestea sunt înlocuite de

comunitățile de stridii. În Marea Mediteraneană acestui orizont îi este caracteristic „trotuarul" cu *Lithophyllum tortuosum*.

În eulitoralul nisipos se disting două orizonturi: (a) unul superior al polichetului *Ophelia bicornis*, căruia i se mai asociază amfipodul *Haustorius*, izopodul *Eurydice dollfusi*, crustaceele *Callianassa*, *Lysiosquilla* și polichetele *Pisione remota* și *Saccocirrus papillocercus* (Mokievski, 1949; Băcescu et al., 1967), și (b) unul inferior cu polichetul *Scolelepis cirratulus*, la care se mai adaugă amfipodul *Bathyporeia*, crustaceele brachiure *Arenaeus* și *Emerita*, bivalvele *Donacilla cornea* și *Donax* spp. și melcul prădător *Terebra*. Turbelariatul *Convoluta roscoffensis*, care în timpul fluxului stă îngropat în nisip, iese în timpul refluxului la suprafață pentru a-și „paște" la aer simbionții săi autotrofi microscopici. Nisipurile fine din zona de spargere a valurilor din Marea Neagră sunt caracterizate prin prezența populațiilor amfipodului *Pontogammarus maeoticus*, misidului *Gastrosaccus sanctus*, izopodului *Eurydice pulchra*, turbelariatului *Otoplana subterranea*, ciliatelor microporale ale genurilor *Tracheloraphis*, *Trachelocerca*, *Trachelonema*, *Remanella*, *Geleia* și *Condylostoma*, copepodului *Ectinosoma melaniceps*, cumaceelor și nematodelor (Băcescu et al., 1967, 1968, 1971).

Eulitoralul mâlos și mâlos-nisipos este slab reprezentat prin specii. Aici deosebim o comunitate de tip „slikke" de pe coastele Europei occidentale cu polichetul *Hediste diversicolor*, căruia i se adaugă crabul *Carcinus maenas* și amfipodul *Corophium volutator*. Alte specii caracteristice eulitoralului mâlos sunt polichetele *Arenicola marina*, *Pygospio elegans*, *Spio filicornis* și *Eteone longa*, bivalvele *Macoma baltica*, *Mya arenaria* și *Ceratoderma edule*, castravetele de mare *Echiurus echiurus*, priapulidul *Priapulus caudatus* și crustaceul izopod *Mesidothea entomon* (fig. 4.20). O altă comunitate a eulitoralului mâlos este cea de mangrove din mările tropicale (vezi Capitolul 6). Aici domină crabii-violoniști ai genului *Uca*, care sunt activi în timpul refluxului. Odată cu venirea fluxului ei se retrag în galeriile lor și astupă intrarea, așteptând un nou reflux. Un comportament asemănător îl au crabii-soldați ai genului *Scopimera*, care se îngroapă în nisip, sau peștii genurilor *Periophthalmus* și *Boleophthalmus*.

Etajul sublitoral

În acest etaj influența atmosferică și cea continentală este indirectă. Condițiile de mediu sunt destul de uniforme, din ce în ce mai omogene pe măsura creșterii adâncimii. Etajul sublitoral se prezintă foarte diversificat, de aceea exemplificarea organismelor ce populează acest etaj se va face pe baza biocenozelor din Marea Neagră.

Pe fundurile stâncoase predomină formele epibentice sesile și încrustante, reprezentate prin spongieri, hidropolipi, polichete sedentare tubicole, bivalve, ciripede, briozoare și ascidii. Endofauna este reprezentată de formele care sapă în sedimentele depuse în fisurile rocilor sau printre bisusurile de midii sau de formele sfredelitoare (bivalvele *Lithophaga*, *Petricola*, *Pholas*, *Barnea*, spongierul *Cliona typica*, polichetul *Polydora websteri* și echinidul *Paracentrotus lividus*).

În fața coastelor românești ale Mării Negre fundurile pietroase sunt răspândite în zona situată la sud de Constanța, ocupând o suprafață de aproximativ 70 km^2 și întinzându-se până la 11-17 m adâncime. În ciuda suprafeței relativ restrânse, fundurile pietroase se caracterizează printr-o mare diversitate de forme deoarece neregularitățile de la suprafața rocilor oferă o mare varietate de microhabitate, cu numeroase diferențe în ceea ce privește

suprafeţele disponibile pentru trai, agitaţia apei, cantitatea de hrană, iluminare şi temperatură.

Specia cea mai caracteristică sublitoralului stâncos din Marea Neagră este *Mytilus galloprovincialis*, desemnând *biocenoza midiilor de piatră* (Băcescu et al., 1963; Ţigănuş, 1978, 1981). Speciile însoţitoare cele mai caracteristice sunt antozoarul *Actinia equina*, ciripedul *Balanus improvisus* şi amfipodele genului *Corophium*.

În cadrul biocenozei midiilor de piatră, datorită existenţei variaţiilor largi în ceea ce priveşte aspectul şi întinderea substratului, putem distinge două subcenoze bine delimitate: (a) subcenoza *Mytilus – Actinia equina* şi (b) subcenoza tipică a midiilor de piatră.

Suprafaţa ocupată de *sbcenoza Mytilus galloprovincialis – Actinia equina* corespunde în spaţiu formei de relief de platformă neregulată cu crăpături, presărată cu bolovăniş cu aspect morenaic, de până la 5 m adâncime. Din cauza adâncimilor relativ mici acţiunea mecanică a valurilor, fenomenele de resedimentare a particulelor şi acţiunea îngheţului se resimt puternic în această subcenoză, determinând un aspect eterogen al populaţiilor de *Mytilus galloprovincialis* de aici, care sunt compuse din indivizi de mărimi foarte diferite. Cealaltă specie lider - dediţelul de mare *Actinia equina* - domină de regulă suprafeţele laterale şi inferioare ale blocurilor de piatră, nepopulate de midii. Al treilea element cel mai comun al acestei subcenoze este ciripedul *Balanus improvisus*. Din cauza unui hidrodinamism puternic, în această subcenoză există numeroase specii sesile, constructoare de tuburi, cum ar fi amfipodele *Corophium bonelli*, *C. acherusicum*, *C. crassicorne*, *Erichtonius difformis*, *E. brasiliensis*, *Amphithoe vaillanti* şi *Jassa ocia*, tanaidul tubicol *Tanais cavolinii* şi polichetul perforant *Polydora websteri*, care sfredeleşte în pietrele calcaroase galerii în forma literei "U" (fig. 4.21). Un alt polichet tubicol, *Fabricia stellaris*, populează suprafeţele stâncilor colmatate cu nisip sau detritus. Tuburile calcaroase, înrulate în spirală ale polichetului fixat *Janua pagenstecheri* se întâlnesc în număr mare pe suprafaţa algelor macrofite şi cea a cochiliilor de midii.

Dintre speciile mai mult sau mai puţin mobile identificate în această subcenoză pot fi menţionaţi turbelariatul *Stylochus tauricus*, nemerţienii *Zygonemertes maslowskyi*, *Tetrastemma glandulidorsum*, *Cephalothrix rufifrons* şi *Emplectonema gracile*, polichetele *Syllis gracilis*, *Grubeosyllis clavata*, *Nereis zonata*, *Platynereis dumerilii*, poliplacoforul *Middendorfia caprearum*, gasteropodele *Hydrobia pontieuxini*, *H. ventrosa* şi *Cerithidium pusillum*, nudibranhiatul *Doridella obscura*, amfipodele libere *Stenothoe monoculoides*, *Microdeutopus gryllotalpa* şi *Melita palmata*, izopodele *Jaera nordmanni*, *Synisoma capito*, *Idotea baltica* şi *Sphaeroma pulchellum*. Creveta-de-piatră, *Palaemon elegans*, formează populaţii numeroase pe părţile laterale ale bolovanilor şi stâncilor. Crabii *Xantho poressa*, *Rhithropanopeus harrisi tridentata*, *Eriphia verrucosa* şi *Pilumnus hirtellus* se adăpostesc sub pietre şi în crăpăturile acestora. Peştii bentonici sunt reprezenaţi de acul de mare (*Syngnathus typhle argentatus*), scorpia de mare (*Scorpaena porcus*), boul de mare (*Uranoscopus scaber*), de specii de guvizi (*Gobius cephalarges*, *G. batrachocephalus*, *Apollonia melanostomus*) şi de cocoşei-de-mare (*Blennius tentacularis*, *B. sanguinolentus*, *B. pavo*). Meiobentosul este bogat reprezentat prin hidracarieni, oligochete, ostracode, nematode, cumacee, tanaide etc.

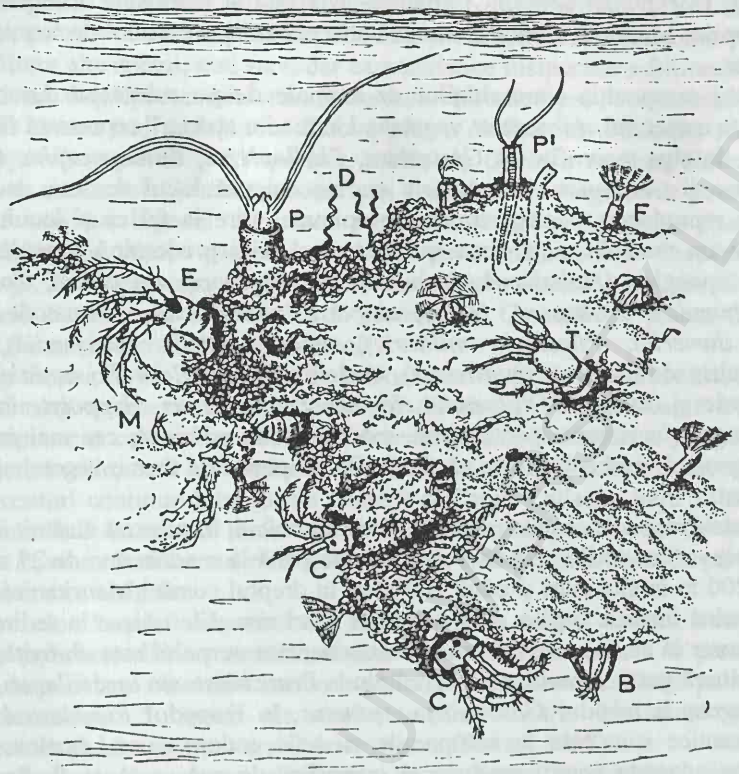


Figura 4.21 Câteva organisme ce populează microcavităţile substratului pietros din Marea Neagră: (*B*) ciripedul *Balanus improvisus*; (*C*) amfipodul tubicol *Corophium acherusicum*; (*D*) diatomee bentonice coloniale; (*E*) amfipodul tubicol *Erichtonius difformis*; (*F*) polichetul tubicol *Fabricia stellaris*; (*M*) Miliollidae; (*P*) polichetul perforant *Polydora websteri*; (*P'*) secţiune transversală prin tub; (*T*) tanaidaceul *Tanais cavolini* (după Băcescu et al., 1963)

Subcenoza tipică a midiilor de piatră caracterizează fâşia sublitoralului pietros, mai jos de adâncimea de 5-6 m. În partea sa superioară este limitată de pragul stâncos al faliei paralele cu coasta, iar în partea dinspre larg de marginea substratului pietros. Datorită caracterului mai ferm al substratului şi condiţiilor hidrologice mai puţin dinamice, subcenoza se diferenţiază net prin aspectul omogen al populaţiilor de midii. Şi în această subcenoză specia însoţitoare caracteristică este *Balanus improvisus*. O specie strict localizată în limitele subcenozei tipice a midiilor de piatră este melcul prădător *Rapana thomasiana*, care produce ravagii în bancurile de midii. Acest melc, ce a pătruns în apele româneşti în 1964, atinge în prezent densităţi de până la 10-15 ex./m^2. Dintre formele fixate aici găsim coloniile albăstrui ale spongierului *Dysidea fragilis*, briozoarele *Flustra folicea* şi *Lepralia pallasiana* şi ascidiile *Ciona intestinalis* şi *Botryllus schlosseri*. Între filamentele de bisus ale coloniilor de midii se adăposteşte o faună vagilă specifică alcătuită din polichetele *Harmothoe imbricata*, *H. impar*, *Nereiphylla rubiginosa* şi *Neanthes succinea*, turbelariatul *Stylochus tauricus*, gasteropodele *Setia valvatoides* şi *Hydrobia pontieuxini*, amfipodele *Microdeutopus gryllotalpa*, *Melita palmata*, *Jassa ocia*, *Stenothoe*

monoculoides, *Corophium bonelli*, *Amphithoe vaillanti* şi izopodele *Jaera nordmanni* şi *Naessa bidentata*. În ultima vreme în această subcenoză apare destul de frecvent şi scoica *Mya arenaria*.

Pentru compoziţia comunităţilor de animale de pe substratul dur o importanţă deosebită o are caracterul epibiozelor vegetale. Un mediu aparte îl reprezintă fitalul, format de desişurile de alge macrofite ca *Cystoseira*, *Phyllophora*, *Enteromorpha*, *Cladophora*, *Bryopsis*, *Ulva* şi *Ceramium*. Macrofitele marine asigură locul de trai, de hrănire, de adăpost şi de reproducere pentru numeroase animale, care la fel ca şi locuitorii zonelor stâncoase duc un mod de viaţă fixat sau sedentar. Aici predomină formele mici, bine camuflate de spongieri (*Halichondria*), hidropolipi (*Aglaophenia pluma*, *Cordylophora*, *Dynamena pumila*), briozoare (*Membranipora zostericola*), nematode, polichete (*Platynereis dumerilii*, *Pileolaria militaris*), melci (*Patella intermedia*), copepode harpacticide, ciripede (*Balanus improvisus*), unele amfipode (*Caprella acanthifera ferox*), izopode tubicole şi decapode (*Palaemon elegans*, *P. adspersus*, *Hyppolyte longirostris*). Formele coloniale, încrustante pot acoperi, sub formă de epibioză, cea mai mare parte a plantelor. În general, zoobentosul de pe fundurile acoperite de forme vegetale prezintă un aspect mozaicat.

În zonele mai adânci substratul dur trece, de obicei, în substrat alcătuit din prundiş, apoi în cel nisipos. Fundurile nisipoase se întâlnesc până la o adâncime de 25 m în Marea Neagră, 100-200 m în alte mări şi până la 500 m în dreptul coastei Mauritaniei. Pe fundul nisipos predomină formele vagile, cele sedentare fiind rare. Ele trăiesc în sediment sau se îngroapă temporar în el. De aceea, forma predominantă a corpului este alungită, aplatizată în partea anterioară sau fusiformă, ca de exemplu la *Branchiostoma lanceolatum*, la creveta *Crangon crangon*, la misidul *Gastrosaccus sanctus*, la izopodul *Eurydice dolffusi* etc. Formele epipsamice sunt rare în comparaţie cu cele endopsamice. Acestea din urmă prezintă organe adaptate pentru producerea curenţilor de apă, cum ar fi pleopodele la Thalassinidae, branhiile la polichetul *Aphrodite aculeata*, cilii la bivalve, brachiopode şi la amfiox. Bivalvele care trăiesc în nisip prezintă sifoane prin intermediul cărora antrenează apa necesară respiraţiei şi nutriţiei (*Chione gallina*, *Mya arenaria*, *Macoma baltica*, *Angulus tenuis*). Dintre formele caracteristice fundurilor nisipoase pot fi menţionaţi unii melci (*Hydrobia totteni*), polichete (*Nereis virens*, *Lanice conchilega*, *Lumbrineris tenuis*), copepodele harpacticide, crustaceele (*Upogebia pusilla*), echinoderme (*Echinocardium cordatum*) şi amfioxul (*Branchiostoma lanceolatum*). Multe specii vagile prezintă o culoare homocromă, asemănătoare cu cea a nisipului (cambulă, limbă de mare, caracatiţe).

În Marea Neagră fundurile nisipoase sunt dezvoltate mai ales în partea de nord-vest (Băcescu et al., 1957, 1965a, 1965b, 1965c, 1967a; Ţigănuş, 1990). În lungul litoralului românesc suprafaţa ocupată de nisipurile fine cu *Corbula* depăşeşte cu puţin 600 km^2, având extensiunea maximă între Mamaia şi Portiţa. Substratul este un nisip fin, cuarţos-micaceu, amestecat în unele cazuri cu sfărâmături de cochilii.

Elementul cel mai caracteristic şi cel mai reprezentativ al biocenozei este mica bivalvă *Corbula mediterranea*. Specii însoţitoare permanente ale acestei biocenoze sunt polichetul *Spio decoratus*, scoica *Cerastoderma edule* şi amfipodul *Ampelisca diadema*. În ultima vreme, această biocenoză a fost invadată de bivalvele *Mya arenaria* şi *Cunearca cornea* (= *Scapharca inaequivalvis*), de polichetele *Neanthes succinea* şi *Polydora cornuta* şi de crabul-albastru *Callinectes sapidus*, fapt care a dus la o creştere considerabilă a biomaselor realizate de această biocenoză. Populaţii numeroase prezintă şi creveta-de-nisip

(*Crangon crangon*). Ciripedul *Balanus improvisus*, deşi este o formă caracteristică fundurilor tari, prezintă densităţi ridicate, fixându-şi căsuţele sale calcaroase pe cochiliile moluştelor. Dintre alte specii, mai rare, dar caracteristice nisipurilor sublitorale fine, pot fi citate nemerţienii *Amphiporus hastatus*, *Arenonemertes microps*, *Prostomatella arenicola* şi *Pontolineus arenarius*, polichetele *Eteone picta*, *Hediste diversicolor*, *Heteromastus filiformis*, *Capitella capitata* şi *C. minima*, moluştele *Cyclope neritea*, *Hinia reticulata*, *Chione gallina*, cumaceele *Iphinoe maeotica* şi *Pseudocuma longicornis pontica*, misidul *Gastrosaccus sanctus*, bigecul *Diogenes pugilator* şi gebia *Upogebia pusilla*. Dintre formele meiobentale tipic psamobionte fac parte nematodele *Enoplus littoralis*, *Epsilonema* sp., *Sabatieria* sp., ostracodele *Pontocythere bacescui* şi *Cyprideis littoralis*, harpacticoidele *Ectinosoma intermedia*, *E. elongatum*, *Canuella perplexa*, *C. furcigera*, *Harpacticus flexus* şi *Microarthridion litorale*.

Între fundurile nisipoase şi cele mâloase nu există o delimitare netă, cele două tipuri de sediment amestecându-se în proporţii diferite. În Marea Neagră trecerea dintre fundurile nisipoase şi cele mâloase o face *biocenoza mâlurilor cu Mya şi Mytilus*. Această biocenoză de tranziţie, care a substituit-o pe cea a lui *Spisula subtruncata*, se întinde sub forma unei centuri continue între gurile Dunării şi Capul Caliacra, între 12 m şi 30-40 m adâncime, marcând în spaţiu limita dintre biocenoza nisipurilor cu *Corbula* şi cea a mâlurilor cu *Mytilus*. Sedimentul este reprezentat de mâluri, amestecate în partea de nord a litoralului nostru cu nisip fin.

Din cele 15 specii macrobentale identificate în această cenoză, marea majoritate este dată de polichete. Dintre acestea, abundenţele cele mai ridicate le prezentă speciile oportuniste de polichete *Neanthes succinea* şi *Polydora cornuta*. Pe lângă polichete, aici au mai fost semnalate 5 specii de moluşte (dintre care dominante sunt *Mytilus galloprovincialis* şi *Mya arenaria*) şi 2 de crustacee (Petran, 1997).

Fundurile mâloase sunt răspândite de la limita superioară a mării (în ariile adăpostite de acţiunea valurilor şi curenţilor) până la cele mai mari adâncimi. Resursele de hrană pe fund mâlos sunt mai bogate, ceea ce explică şi bogăţia mai mare a faunei de aici comparativ cu cea de pe fund nisipos. Populaţiile în schimb sunt mult mai omogene. Predomină formele mobile – turbelariate, polichete, unele izopode şi ostracode dintre crustacee. Sunt prezente şi numeroase forme sesile şi săpătoare, care trăiesc în galerii sau tuburi: polichete (*Sabella spallanznii*), celenterate (*Corymorpha*), moluşte bivalve şi gasteropode, crustacee şi echinoderme, dintre care cele mai multe sunt pelofage sau filtratoare. Dintre adaptările la viaţa în sedimentele mâloase pot fi menţionate corpul vermiform (la holoturii, actinii, polichete), abilitatea de a-şi construi tuburi şi prezenţa unor filamente de fixare, cum este bisusul la *Lithophaga* sau *Modiolus*. Datorită densităţilor mari ale organismelor fundurile mâloase sunt foarte productive. Baza trofică bogată de aici asigură dezvoltarea puietului multor specii de peşti cu valoare economică.

În Marea Neagră fundurile mâloase au cea mai mare extindere. Dintre principalele biocenoze mâloase întâlnite în dreptul litoralului românesc fac parte biocenoza midiilor de adânc, biocenoza fazeolinelor, biocenoza mâlurilor albe cu *Bougainvillea* şi mâlurile de adâncime.

Biocenoza midiilor de adânc este una dintre cele mai caracteristice şi bine delimitate biocenoze, atât pentru litoralul românesc, cât şi pentru întreg bazinul Mării Negre (Borcea, 1926, 1931, 1937; Nikitin, 1966). În dreptul coastelor româneşti această biocenoză ocupă o zonă vastă cuprinsă între 25-45 m şi 48-70 m adâncime, dar se prezintă

în forma sa tipică mai ales între 50 şi 65 m adâncime. Ea ocupă totdeauna un spaţiu cu o diferenţă de nivel pe verticală de cel puţin 20 m, lăţimea fâşiei de fund ocupată variind între minimum 8 km (la sud-est de Sf. Gheorghe) şi maximum 100 km (la est de Sulina). Suprafaţa totală ocupată, în faţa coastelor româneşti, cuprinde o suprafaţă de circa 7000 km^2 (Băcescu et al., 1971).

Substratul este alcătuit din mâluri cenuşii cu o proporţie variabilă de scrădiş. O altă caracteristică a acestei biocenoze o reprezintă stabilitatea mai mare a factorilor de mediu (salinitate, temperatură, curenţi).

Din cauza mâlului aleuritic foarte puţin consistent, populaţiile formei conducătoare - *Mytilus galloprovincialis* - au o distribuţie neuniformă, formând mici aglomerări, aşa-zisele „cuiburi de midii". Dintre formele sesile, care se fixează pe suprafaţa midiilor, caracteristice acestei biocenoze sunt antozoarul *Actinothoe clavata*, polichetul tubicol *Pomatoceros triqueter*, urocordatele *Ascidiella aspersa* şi *Ciona intestinalis*. În mâl trăiesc numeroase polichete ca *Melinna palmata*, *Nephtys hombergii*, *Terebellides stroemii*, *Lagis koreni*, moluştele *Mya arenaria*, *Abra alba*, *Spisula subtruncata*, *Polititapes aurea*, *Acanthocardia paucicostata*, *Hinia reticulata*, amfipodul *Ampelisca diadema* şi castravetele-de-mare *Leptosynapta inhaerens*. În cuiburile de midii, reprezentative sunt nemerţianul *Cerebratulus ventrosulcatus*, polichetele *Phyllodoce maculata*, *Nereiphylla rubiginosa* şi *Harmothoe impar*, amfipodele *Microdeutopus damnoniensis*, *M. anomalus* şi *Coremapus versiculatus*, cumaceele *Cumella pygmaea euxinica* şi *Eudorella truncatula*, misidul *Pseudoparamysis pontica* şi crabul *Macropipus arcuatus*. În timp ce în alcătuirea biomasei totale ponderea cea mai mare o au moluştele, în ceea ce priveşte densitatea primul loc îl deţin polichetele. Biomasa medie generală a biocenozei midiilor de adânc este de 416,1 g/m^2, din care peste 75% revin midiei (Băcescu et al., 1971).

Datorită variaţiei calitative a substratului, în cadrul acestei biocenoze există deosebiri locale însemnate în ceea ce priveşte compoziţia calitativă şi cantitativă a speciilor ce se instalează, fapt care permite distingerea la litoralul nostru a unor entităţi bionomice cu rang inferior, printre care cele mai importante sunt: (a) subcenoza *Mytilus – Lithothamnion – Phyllophora*; (b) subcenoza *Mytilus – Modiolus phaseolinus* şi (c) mâlurile cu *Melinna palmata*.

În faţa coastelor româneşti *subcenoza Mytilus – Lithothamnion – Phyllophora* ocupă spaţiul aflat la est de meridianul de 30° şi la nord de paralela de 45°, coborând în adâncime până la 45-48 m. Substratul este caracterizat prin dezvoltarea masivă a algelor calcaroase încrustante roşii din genul *Lithothamnion*, determinând o natură mai dură a substratului. Rarele taluri ale algei roşii *Phyllophora* se pot fixa pe un astfel de substrat, iar specia dominantă a bentosului, *Mytilus galloprovincialis*, prezintă populaţii mai uniform distribuite. Biomasa medie generală a bentosului se ridică la aproape 1.695,2 g/m^2, din care 89% este dată de midii. Biodiversitatea acestei subcenoze este mai mare decât în cea tipică. Pe lângă speciile caracteristice subcenozei tipice, aici mai pot fi întâlnite melcul *Calyptraea chinensis*, crustaceele *Phtisica marina* şi *Caprella acanthifera*, spongierii din genul *Haliclona*.

Subcenoza Mytilus – Modiolus phaseolinus face tranziţia de la mâlurile cenuşii cu *Mytilus* la cele albăstrui cu *Modiolus*. În afara celor două populaţii de moluşte conducătoare, *Mytilus galloprovincialis* şi *Modiolus phaseolinus*, în această subcenoză se întâlnesc nemerţianul *Micrura fasciolata*, polichetele *Nephtys hombergii*, *Minuspio*

cirrifera, *Sphaerosyllis bulbosa* şi *Protodrilus flavocapitatus* şi melcul *Trophonopsis breviata*.

Acumularea detritusului în sedimente din ultima vreme a permis dezvoltarea masivă a populaţiilor polichetului *Melinna palmata* (Losovskaya, 1977a; Gomoiu, 1982). Astfel, se poate vorbi despre apariţia la litoralul românesc a unei asociaţii noi, dezvoltate în cadrul suprafeţelor ocupate de subcenoza tipică a lui *Mytilus*, în care specia dominantă este acest polichet iliofil. Această asociaţie, cunoscută sub numele de *mâluri cu Melinna palmata*, a fost descrisă din sectoarele învecinate platformei continentale româneşti (golful Odessa şi golful Varna), având statut de biocenoză (Zernov, 1913; Nikitin, 1966, 1969).

În dreptul coastelor româneşti mâlurile cu *Melinna* au maximul de dezvoltare în zona Chituc - Capul Midia, între 20 şi 40 m adâncime, unde ocupă o suprafaţă de peste 1.100 km^2 (Gomoiu, 1982; Ţigănuş, 1982a). Substratul este alcătuit din mâluri aluvionare fine, sărace în scrădiş.

Populaţiile de *Melinna palmata* de aici au o densitate medie de 2.331 ex./m^2 şi o biomasă de 73,2 g/m^2, însă valorile maxime pot depăşi 17.700 ex./m^2 şi 570 g/m^2 (Gomoiu, 1982). Deşi *Melinna palmata* reprezintă în mod constant peste 90% din abundenţa totală a macrobentosului, biomasele sunt dominate cu peste 50% de *Mya arenaria* şi *Mytilus galloprovincialis*.

Dintre celelalte grupuri de organisme macrobentale o densitate mai mare o au bivalvele *Cerastoderma edule*, *Polititapes aurea*, *Spisula subtruncata*, *Abra alba*, *Chione gallina*, *Hinia reticulata*, polichetele *Nephtys hombergii*, *Lagis koreni*, *Glycera alba*, *Aricidea claudiae*, *Capitella capitata* şi *Heteromastus filiformis*, crustaceele *Ampelisca diadema* şi *Upogebia pusilla* şi antozoarul *Actinothoe clavata*.

Biocenoza faseolinelor este o altă biocenoză foarte bine individualizată şi specifică Mării Negre, care ocupă numai în faţa coastelor româneşti o întindere de aproximativ 10.000 km^2, ceea ce ar reprezenta 40% din suprafaţa totală a platformei continentale (Băcescu et al., 1971). Această biocenoză este răspândită între 50-70 m şi 120-130 m, fiind prezentă sub aspectul său tipic între 58-90 m adâncime. Substratul este alcătuit spre ţărm din mâluri aleuritico-argiloase albăstrui, iar spre larg din mâluri calcaroase, albe.

Specia cea mai caracteristică a biocenozei este o mică scoică păroasă cât un bob de fasole *Modiolus phaseolinus*, cu o densitate medie de 226 ex./m^2 şi o biomasă de 10 g/m^2. Cercetările efectuate în cadrul acestei biocenoze indică o abundenţa medie totală de 1957 ex./m^2 şi o biomasa generală de 45 g/m^2. În această biocenoză au fost identificate 33 de specii de organisme macrozoobentice, dintre care 10 de polichete, 4 de moluşte şi 10 de crustacee (Dumitrache, 1996-1997). Printre cele mai comune specii însoţitoare se numără polichetul *Terebellides stroemii* şi anizopodul *Apseudopsis ostroumovi*.

Alte vieţuitoare mai des întâlnite în mâlul faseolinoid sunt echinodermele *Amphiura stepanovi* şi *Leptosynapta inhaerens*, foronidul *Phoronis euxinicola*, celenteratul *Pachicerianthus solitarius*, tunicierii *Ascidiella aspersa* şi *Ciona intestinalis*, amfipodele *Ampelisca diadema*, *Microdeutopus damnoniensis*, *Phtisica marina*, *Corophium runcicorne* şi *Coremapus versiculatus*, moluştele *Abra alba* şi *Trophonopsis breviata*, spongierul calcaros *Sycon ciliatum*, nemerţienii *Micrura fasciolata* şi *Tetrastemma coronatum*, polichetele *Phyllodoce maculata*, *Exogone naidina*, *Nephtys hombergii*, *Polydora cornuta*, *Notomastus profundus* şi *Protodrillus flavocapitatus*, cumaceul

Eudorella truncatula şi pantopodul *Callipallene phantoma* (Gomoiu, 1976a; Gomoiu şi Ţigăniş, 1977).

Dintre formele meiobentale care prezintă în această biocenoză abundenţe ridicate se numără nematodele, copepodele, ostracodele, kinorinchii, halacaridele şi turbelariatele.

În brâul ce mărgineşte platforma continentală, situat la adâncimi cuprinse între 100-200 m, denumit de Băcescu (1963) „etaj periazoic", iar de Sergeeva şi Zaika (2000) "strat limitrof al bentalului", au fost identificaţi 92 de taxoni, dintre care 50 aparţin meiobentosului şi 40 macrobentosului.

Aici substratul este alcătuit din mâluri calcaroase compacte, cenuşii, uneori cu pete negre datorate unor sedimente mai reduse. Aceste mâluri sunt amestecate cu scrădiş subfosil mărunt de cochilii de *Modiolus phaseolinus* şi de moluşte ale complexului pontocaspic, *Dreissena* în special. La suprafaţă aceste mâluri compacte prezintă o pătură maronie laxă, de 1-2 cm grosime, rezultată din depunerea „ploii de cadavre".

Adâncimile cuprinse între 90 şi 160 m se caracterizează prin prezenţa unei asociaţii atipice cu *Modiolus phaseolinus* în care apar puţine exemplare şi numai juvenile, alături de care apar polichetele *Vigtorniella zaikai*, *Terebellides stroemii*, *Syllides* sp. şi *Sphaerosyllis bulbosa*, tanaidaceul *Apseudes ostroumovi*, antozoarul *Cerianthus vestitus*, pantopodul *Callipallene phantoma*, halacaridul *Halacarellus basteri* şi nematodele *Peloscolex svirenkoi* şi *Rhizodrilus ponticus*.

Între 150 şi 200 m adâncime bentosul este reprezentat aproape exclusiv de forme meiobentale ca nematodele (*Enoplus euxinus*, *Sabatiera clavicauda*, *Tricoma* sp., *Desmoscolex* sp., *Oxystomina* sp.) şi foraminiferele (*Lagena laevis*, *Ammonia lepida*, *Nonion depressulum*). Singurii reprezentanţi ai macrobentosului sunt hidrozoarul *Bougainvillia* cf. *ramosa*, bivalva *Abra alba* şi tunicatul *Ctenicella amesophleba*. Deoarece *Bougainvillia* are aici o abundenţă maximă, Băcescu et al. (1971) propune pentru această centură inferioară, ce în faţa coastelor româneşti ocupă o suprafaţă de aproximativ 700 km^2, termenul de *biocenoză a mâlurilor albe cu Bougainvillia*.

Conform ultimelor date (Sergeeva, 2000) bentalul Mării Negre este populat şi la adâncimi mai mari de 200 m. Fauna bentală de aici este reprezentată fie de specii ajunse aici de pe platforma continentală, fie de specii necunoscute până acum pentru Marea Neagră sau chiar noi pentru ştiinţă. Astfel, între 470-2250 m adâncime au fost identificaţi aproximativ 60 de taxoni, apartenenţa taxonomică a multora dintre aceştia fiind încă necunoscută. În cea mai mare parte, aceste organisme aparţin meiobentosului (foraminifere, nematode, kinorinchi, harpacticoide, anizopode, ostracode şi halacaride), macrobentosul fiind reprezentat de unele amfipode (*Gammaridea* g. sp. şi *Caprellidea* g. sp.). Un fapt curios este prezenţa, chiar şi la 2250 m adâncime, a cianobacteriilor şi algelor brune (*Ectocarpus* sp.). Densitatea totală a bentosului profund oscilează de la 1-2 până la câteva zeci de mii de indivizi pe metru pătrat!

Adaptările organismelor intertidale

Adaptările organismelor de origine marină care populează zona intermareică vizează în principal evitarea sau minimalizarea efectului provocat de expunerea la aer, protecţia contra acţiunii valurilor şi protecţia contra variaţiilor de temperatură.

Efectele nocive ale expunerii la aer limitează populaţiile marine la părţile mai adăpostite ale ţărmului, care nu sunt exondate în întregime la reflux. Multe alge, actinii, hidrozoare, briozoare, crevete şi peşti se întâlnesc în ochiurile de apă din stânci unde sunt

ferite de uscăciune şi oarecum protejate împotriva variaţiilor largi ale temperaturii. Animalele pot evita expunerea la aer prin adăpostirea printre talurile şi rizoizii algelor, pe sub pietre şi bolovani sau în crăpăturile stâncilor. Cele mai multe organisme litorale au corpul aplatizat ceea ce le uşurează ascunderea în spaţiile înguste, ca de exemplu decapodul *Porcellana platycheles*, leptostraceul *Nebalia*, amfipodele, izopodele şi poliplacoforele.

De asemenea, multe animale sedentare intertidale pot rezista la pierderea unei cantităţi foarte mare de apă din corp (până 75% în cazul patelidelor şi 30-70% în cazul poliplacoforelor) fără a avea efecte semnificative asupra metabolismului lor.

Multe specii de animale din zona intermareică posedă mecanisme care pot preveni pierderea apei. Aceste mecanisme pot fi structurale, comportamentale sau combinate. De exemplu, dediţelul de mare *Actinia equina* prezintă la suprafaţă un înveliş mucos care îl ajută să-şi păstreze rezerva de apa. De asemenea, *Actinia equina* în timpul refluxului se contractă şi capătă o formă sferică pentru a micşora suprafaţa relativă. Multe organisme mobile din zona litorală au o cochilie solidă, în care se retrag în condiţii neprielnice. Melcul *Patella* cu piciorul musculos, puternic, ce ia forma unei ventuze, se lipeşte strâns cu marginea cochiliei de stânci, lăsând doar o mică fantă suficientă pentru a permite schimbul gazos. Litorinidele, trochidele, *Nucella lapillus* şi polichetele serpulide pentru a preveni evaporaţia apei închid apertura printr-un opercul. La ciripede plăcile mobile ale căsuţei, scutumul şi tergumul, sunt ţinute strâns lipite atât timp cât animalele sunt exondate. Unele bivalve ca *Mytilus edulis* sau *Crassostrea virginica* pot supravieţui în zona intermareică datorită abilităţii lor de a închide strâns valvele lor pentru a preveni pierderile de apă. Organismele de pe fundurile nisipoase şi mâloase litorale se îngroapă adânc în sediment pentru protecţie contra deshidratării şi contra variaţiilor de temperatură şi salinitate (fig. 4.22).

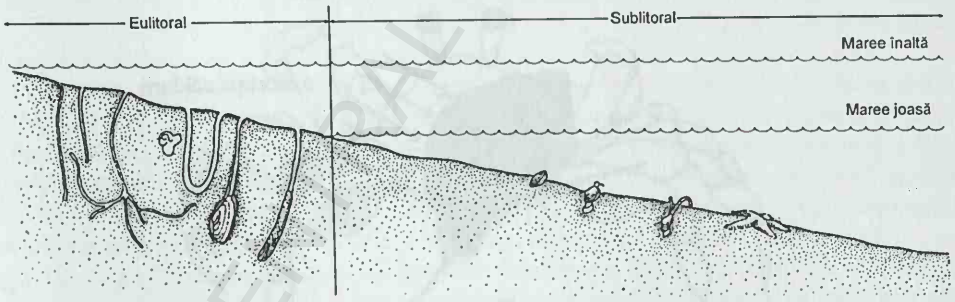


Figura 4.22 Secţiune transversală prin sedimentele mobile eulitorale şi sublitorale. Se poate observa ca adâncimea la care se îngroapă organismele din zona intermareică este mai mare comparativ cu cea a organismelor sublitorale (după Rhoads, 1966, din Levinton, 1995)

Animalele din zona de flux şi reflux sunt expuse, de asemenea, unor variaţii extreme ale temperaturii. Deşi uneori se înregistrează mortalităţi ale organismelor litorale ca urmare a fenomenului de îngheţ, se pare că temperaturile scăzute reprezintă o problemă mai mică decât temperaturile ridicate. Acest lucru se datorează faptului că aceste organisme adesea trăiesc la temperaturi mult mai apropiate de limita superioară de toleranţă termică decât de cea inferioară. De aceea, cele mai multe dintre adaptările organismelor litorale au în vedere evitarea supraîncălzirii. Acest lucru se poate realiza fie prin reducerea cantităţii de

căldură absorbită, fie prin creşterea cantităţii de căldură cedată de către corpul animalului. O modalitate de reducere a aportului de căldură constă în scăderea suprafeţei relative a corpului care se realizează prin mărirea dimensiunii corpului (aceasta duce în acelaşi timp la diminuarea cantităţii de apă evaporată). În acelaşi timp, unui corp mai mare îi ia mai mult timp să se încălzească decât unui corp mic. Astfel, indivizii mai mari de *Littorina littorea* se găsesc în zona litorală mai sus, iar cei mai mici mai jos.

Pierderile de căldură pot fi mărite pe mai multe căi. O primă cale constă în elaborarea unor sculpturi pe suprafaţa cochiliilor care reflectă o mai mare cantitate de căldură, întâlnită în special la melcii tropicali cum ar fi *Tectarius muricata* şi *Nodolittorina tuberculata* (fig. 4.23). Culoarea organismului poate influenţa cantitatea de căldură reflectată sau absorbită. Astfel, pe coasta de est a Americii de Nord formele mai deschise la culoare ale midiei comestibile *Mytilus edulis* sunt mai frecvente înspre sud, în timp ce formele mai închise la culoare se întâlnesc cu precădere în spre partea de nord. Acest lucru se datorează faptului că organismele mai închise la culoare absorb mai multă căldură, fiind avantajate în zonele mai reci, iar formele mai deschise reflectă mai multă căldură, fiind competitiv superioare în zonele mai calde.

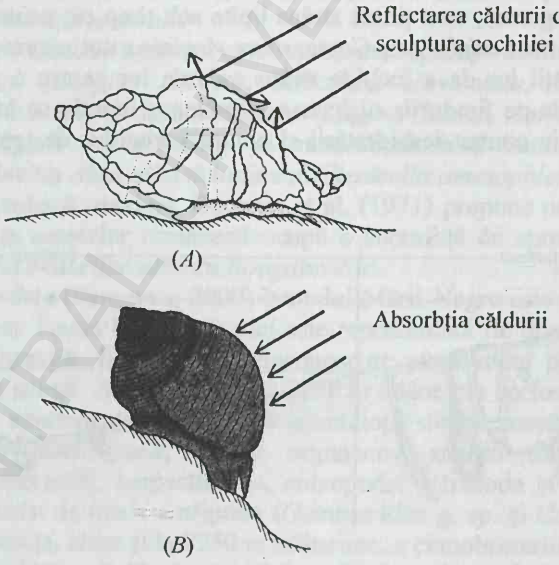


Figura 4.23 Diferenţe în absorbţia căldurii dintre (*A*) un gasteropod cu cochilia sculptată, de culoare deschisă şi (*B*) un gasteropod cu cochilia netedă, de culoare închisă (după Nybakken, 1988)

Pierderea de căldură se poate realiza prin evaporaţia apei, dar în acest caz organismele trebuie să evite problema pierderii excesive a apei. Pentru aceasta multe organisme (balanuşi, patelide) au un surplus de apă cu care pot realiza răcirea corpului fără riscul uscării excesive.

Organismele litorale sunt expuse, de asemenea, acţiunii valurilor, care le pot zdrobi sau târî în altă parte. Pentru a nu fi dislocate, unele forme intermareice aderă puternic la substrat. De exemplu, căsuţele calcaroase ale ciripedelor, valvele stridiilor sau

tuburile polichetelor tubicole sunt puternic cimentate de suprafaţa rocii. Midiile *Mytilus edulis* sau *Mytilaster lineatus* se ancorează de stânci şi pietre prin filamentele rezistente de bisus. Majoritatea moluştelor intertidale sunt protejate contra şocului valurilor prin prezenţa unor cochilii robuste. Chitonii şi patelidele au forma corpului aplatizată şi piciorul musculos cu ajutorul căruia se lipesc strâns de substrat. Astfel, *Patella* poate dezvolta o forţă de aderenţă ce depăşeşte 10 kg/cm^2. Crabii, care nu posedă mecanisme structurale pentru a nu fi smulşi de către apă, rezistă în zona eulitorală pentru că se ascund în mod activ în fisurile rocilor sau pe sub pietre. La fel procedează şi *Throchus*, *Littorina* şi chitonii.

Expunerea la aer prezintă probleme şi în privinţa respiraţiei. Multe animale marine s-au adaptat la respiraţia aeriană. De exemplu, amfipodele *Talitrus saltator* şi *Orchestia gamarella* s-au adaptat la viaţa în aerul umed. Melcii *Littorina neritoides* şi *L. saxatilis* pot trăi în afara apei zile în şir, datorită cavităţii mantalei puternic vascularizate şi care funcţionează asemenea unui plămân. La alte animale din zona de flux-reflux (crabi, balanuşi, moluşte) branhiile sunt închise în camere speciale care la reflux păstrează o anumită cantitate de apă necesară realizării procesului de respiraţie. Crabul *Scopimera inflata* prezintă pe picioare nişte discuri membranoase care permit absorbţia oxigenului atmosferic în sângele arterial (fig. 4.24). De asemenea, la animalele intermareice expuse la aer are loc o reducere a ratei metabolice pentru a diminua necesarul de oxigen. Polichetul *Arenicola marina* conţine o cantitate ridicată de hemoglobină care îi permite să înmagazineze o cantitate mai mare de oxigen pe care să o poată folosi la reflux. Animalele de origine terestră de aici prezintă adaptări pentru a păstra o rezervă de aer în timpul perioadei cât sunt acoperite de apă. Colembola *Anurida maritima* poartă o bulă de aer printre perişorii de la suprafaţa corpului, iar gândacul litoral *Aepus marinus* are nişte saci aerieni interni.

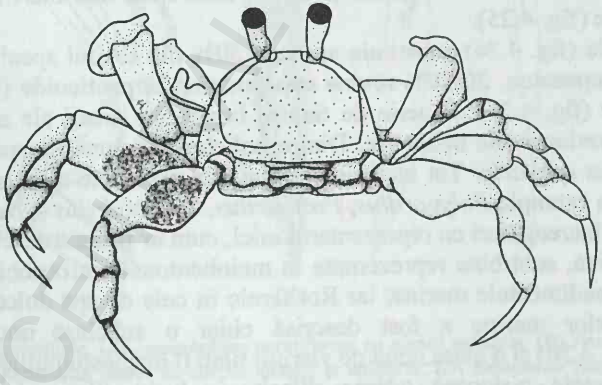


Figura 4.24 Crabul *Scopimera inflata* ce trăieşte în partea superioară a eulitoralului şi care poate absorbi oxigenul direct din atmosferă (după Maitland, 1986, din Levinton, 1995)

Deoarece multe organisme care trăiesc în zona intermareică sunt sedentare sau sesile, acestea se pot propaga doar datorită produselor sexuale sau larvelor care pot pluti în masa apei. O altă adaptare reproductivă constă în sincronizarea ciclului de reproducere cu ritmicitatea mareei. De exemplu, la *Mytilus edulis* maturarea gonadelor are loc perioada

mareelor de sizigii, iar eliberarea ouălor are loc în timpul mareelor de cvadratură imediat următoare. La *Littorina neritoides* ouăle sunt eliberate în timpul mareelor de sizigii. Un alt exemplu de sincronizare între activitatea reproductivă şi ritmul mareic este oferit de speciile de peşti *Mallotus vilosus* şi *Lauresthes tenuis*, care în timpul sizigiilor urcă din sublitoral în zona de flux-reflux pentru a-şi depune icrele în nisip. Larvele acestor specii de peşti vor ecloza după exact două săptămâni, în timpul următoarei perioade de ape vii. La multe specii litorale faza larvară planctonică este scurtă sau chiar lipseşte. De exemplu, melcul *Littorina saxatilis* poartă ouăle fertilizate într-un oviduct modificat, iar juvenilii complet formaţi sunt eliberaţi mai târziu. Specia de gasteropod *Nucella* depune ouăle în capsule ovigere care sunt prinse de stânci.

Fauna interstiţială

Plajele nisipoase ale coastelor marine adăpostesc o asociaţie caracteristică de forme mărunte care trăiesc în spaţiile libere dintre granulele de nisip. Acestea sunt aşa-numitele *organisme interstiţiale*. Despre existenţa acestei asociaţii interesante cercetătorii au aflat abia în prima treime a secolului XX, când Remane realizează primele studii asupra plajelor nisipoase de la ţărmul Mării Nordului. Acest biotop unic a fost denumit *mezopsamal*, iar biocenoza ce-l populează *mezopsamon*. Ulterior, asociaţii de organisme interstiţiale au fost descoperite în sedimentele nisipoase litorale şi cele sublitorale din diverse părţi ale lumii, atât în apele marine, cât şi în cele dulci. Formele interstiţiale au fost găsite chiar şi la adâncimi de 5000 m.

Compoziţia faunei interstiţiale. Fauna interstiţială este deosebit de bogată, cuprinzând peste 500 de specii. Aici sunt reprezentate, în proporţii diferite, aproape toate grupele de animale.

Dintre protozoare, ciliatele sunt reprezentate printr-un număr extraordinar de mare de specii. Acestea au forme foarte variate şi uneori sunt chiar mai mari decât metazoarele cu care conviețuiesc (fig. 4.25).

Nematodele (fig. 4.26) constituie aproape 50% din totalul speciilor de metazoare care trăiesc în mezopsamon, 20-30% revine copepodelor harpacticoide (fig. 4.30), iar 10-15% turbelariatelor (fig. 4.27). O serie de familii bogate în specii ale acestor grupuri se dezvoltă numai în sedimentele nisipoase. Dintre polichete în zona de spargere a valurilor găsim pe *Hesionides arenaria*. Tot aici vieţuiesc şi alte polichete mici, atribuite în trecut arhianelidelor, ca de exemplu *Polygordius*, *Protodrilus*, *Trilobodrilus* şi *Nerilla* (fig. 4.28).

O serie de încrengături cu reprezentanţi mici, cum ar fi Gastrotricha, Kinorhyncha, Tardigrada şi Rotifera, sunt bine reprezentate în meiobentos. Gastrotrichii (fig. 4.29) sunt foarte numeroşi în sedimentele marine, iar Rotiferele în cele de apă dulce. În sedimentele nisipoase ale plajelor marine a fost descrisă chiar o subclasă nouă de crustacee (Mystacocarida, fig. 4.30) şi o clasă nouă de viermii plaţi (Gnathostomullida).

În sedimentele nisipoase trăiesc diferite moluşte minuscule (*Pseudovermis*, *Microhedyle*) şi holoturii milimetrice (*Rhabdomolgus*, *Leptosynapta*). Din masa apei aici au pătruns meduzele pitice (*Halammohydra*, *Psammohydra*), care au pierdut umbrela caracteristică meduzelor (fig. 4.32). Chiar şi din grupele care duc de regulă un mod de viaţă fixat, se găsesc unele specii psamofile care au devenit mobile. Dintre cele 3500 specii coloniale de briozoare poate fi citat genul *Monobryozoon*, ai cărui reprezentanţi se târăsc încet prin nisip (Fig. 4.31). Cu acestea se aseamănă o serie de ascidii minuscule. În afară de formele solitare (*Psammostyela*, *Heterostigma*), aici se găsesc chiar mici colonii alcătuite

din 4-6 indivizi (*Arenadioplosoma migrans*), prevăzute cu nişte excrescenţe speciale care ajută la menţinerea şi deplasarea printre particulele de sediment.

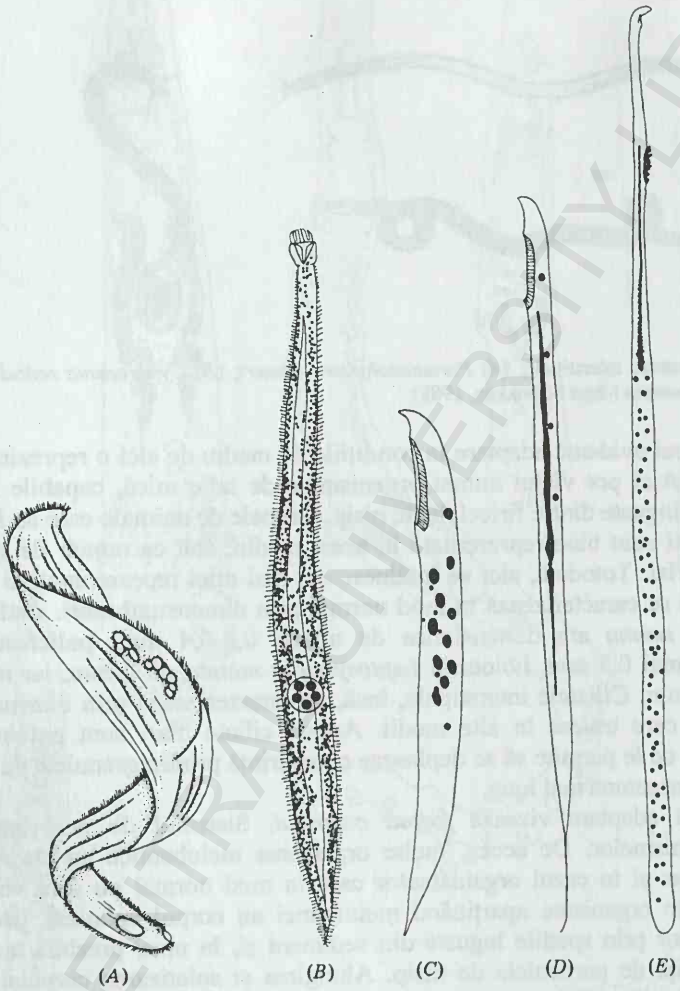


Figura 4.25 Ciliate interstiţiale: (*A*) *Loxophyllum vermiforme* cu corpul aplatizat; (*B*) *Tracheloraphis remanei* cu corpul cilindric; (*C*) *Remanella faurei* cu corpul alungit şi aplatizat; (*D*) *Remanella caudata* cu corpul alungit, terminat cu o „coadă"; (*E*) *Geleia gigas* cu corpul filiform (după Swedmark, 1964, din Nybakken, 1988)

Adaptările organismelor interstiţiale. Cele mai multe dintre adaptările organismelor interstiţiale sunt determinate de doi factori importanţi: volumul mic al spaţiilor dintre particulele de nisip şi instabilitatea condiţiilor de mediu. Acţiunea hidrodinamică a valurilor determină deplasarea permanentă a particulelor de nisip de la suprafaţa sedimentului, modificând continuu dispunerea şi dimensiunile spaţiilor interstiţiale. Pentru a putea supravieţui, organismele interstiţiale trebuie să se menţină în

BCU CENTRALA UNIVERSITY LIBRARY

aceste spații din sediment și să evite atât acțiunea destructivă a valurilor și/sau a particulelor de nisip în mișcare, cât și antrenarea lor în masa apei, unde șansele de supraviețuire ar fi foarte mici.

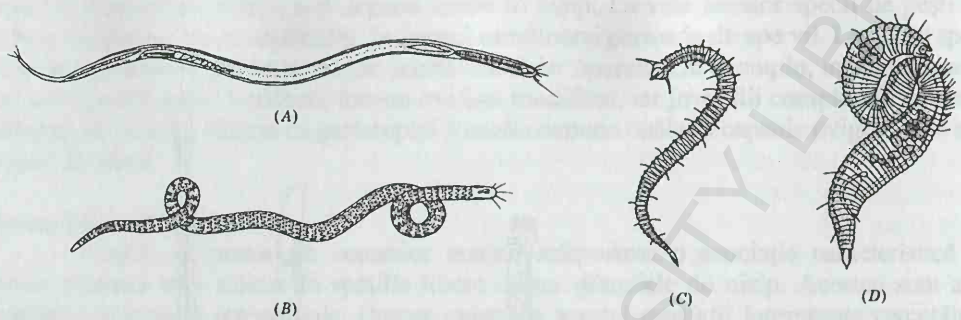


Figura 4.26 Nematode interstițiale: (*A*) *Paramonohystera wieseri*; (*B*) *Cyttaronema reticulatum*; (*C*) *Tricoma hopperi*; (*D*) *Epsilonema* (după Nybakken, 1988)

Cea mai evidentă adaptare la condițiile de mediu de aici o reprezintă *dimensiunea organismelor*. Aici pot viețui numai organismele de talie mică, capabile să se strecoare printre spațiile înguste dintre firicelele de nisip. Grupele de animale care au în mod obișnuit dimensiuni mici sunt bine reprezentate în acest mediu, atât ca număr de specii, cât și ca număr de indivizi. Totodată, aici se întâlnesc cei mai mici reprezentanți ai unor grupe de organisme care se caracterizează în mod normal prin dimensiuni mari. Astfel, hidrozoarul *Psammohydra nanna* are dimensiunea de numai 0,3-0,4 mm, polichetul *Diurodrilus minimus* de numai 0,3 mm, holoturia *Leptosynapta minuta* de 2 mm, iar melcul *Caecum glabrum* de 2 mm. Ciliatele interstițiale, însă, se caracterizează prin dimensiuni mai mari decât ciliatele care trăiesc în alte medii. Aceste ciliate mari sunt puternic alungite și aplatizate, ceea ce le permite să se deplaseze cu ușurință printre granulele de nisip. În acest caz, mai mare înseamnă mai lung.

O altă adaptare vizează *forma corpului*. Sistemul de pori limitează numai diametrul organismelor. De aceea, multe organisme meiobentice au corpul alungit sau vermiform, chiar și în cazul organismelor care în mod normal nu sunt vermiforme. De asemenea, multe organisme aparținând meiofaunei au corpul aplatizat, deoarece se pot strecura mai ușor prin spațiile înguste din sediment și, în plus, prezintă o suprafață mai mare de aderență de particulele de nisip. Alungirea și aplatizarea corpului duce și la o mărire a suprafeței acestuia, permițând o mai bună absorbție a oxigenului și substanțelor organice dizolvate. De pildă, nematodele care trăiesc în sedimentele sărace în oxigen s-au dovedit a fi mai subțiri decât cele care trăiesc în sedimentele superficiale, bine oxigenate.

Reducerea taliei a dus la *simplificarea structurii corpului* animalelor interstițiale. De exemplu, aparatul faringeal, care la polichete are o structură complexă, se simplifică sau chiar dispare la formele meiobentice. La fel se întâmplă și cu branhiile parapodiale sau cu nefridiile. La hidrozoarele interstițiale numărul tentaculelor este redus comparativ cu cel al formelor epibentice.

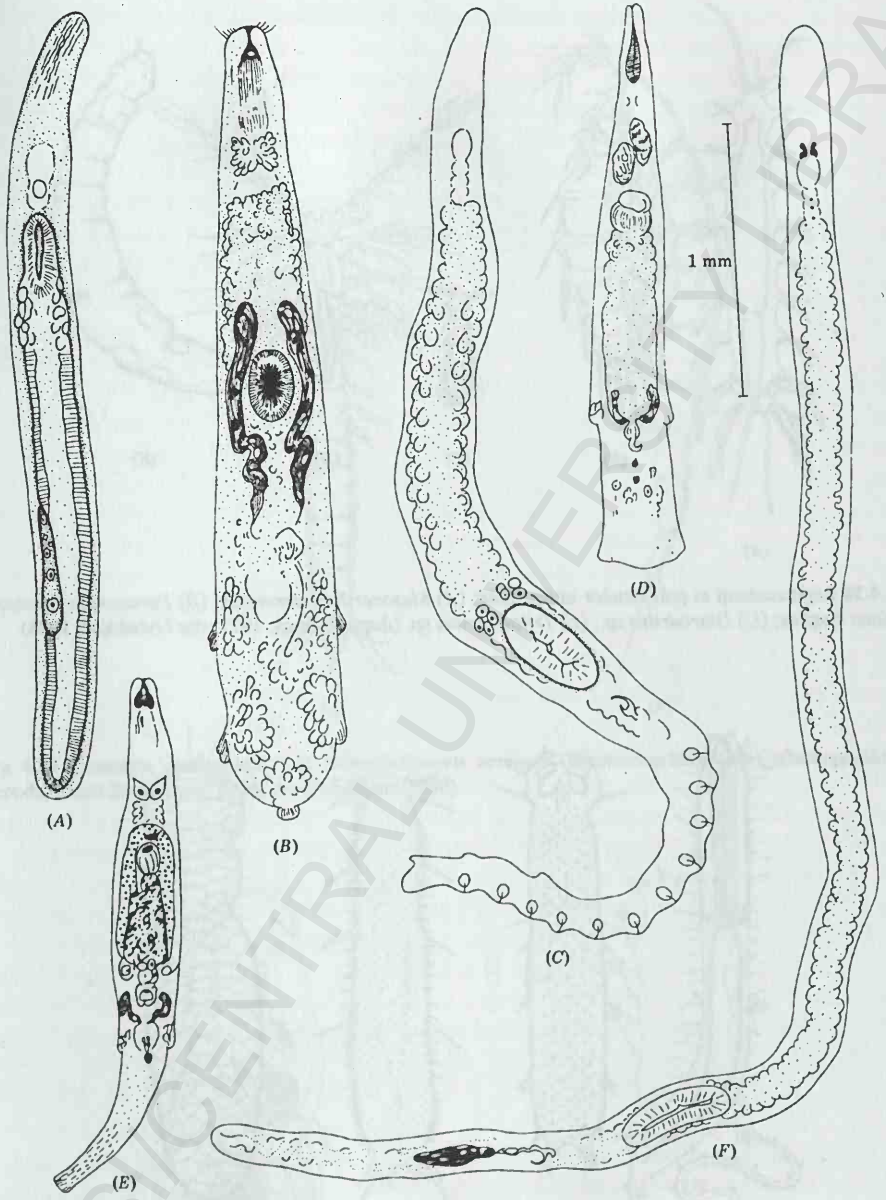


Figura 4.27 Exemple de turbelariate interstițiale: (*A*) reprezentant al familiei Macrostomidae; (*B*) reprezentant al familiei Kalyptorhynchidae; (*C*) *Polystylophora* sp.; (*D*) *Proschizorhynchus* sp.; (*E*) *Cicerina* sp.; (*F*) *Nematoplana* sp. (după Bush, 1968, din Nybakken, 1988)

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

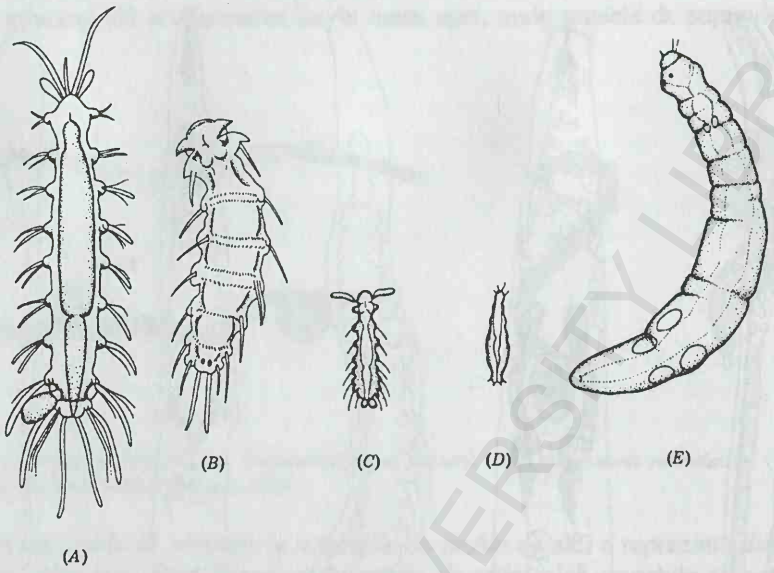


Figura 4.28 Reprezentanți ai polichetelor interstițiale: (*A*) *Mesonerilla intermedia*; (*B*) *Paranerilla limnicola*; (*C*) *Nerillidium simplex*; (*D*) *Diurodrilus* sp.; (*E*) *Trilobodrilus* sp. (după Hulings, 1971, din Nybakken, 1988)

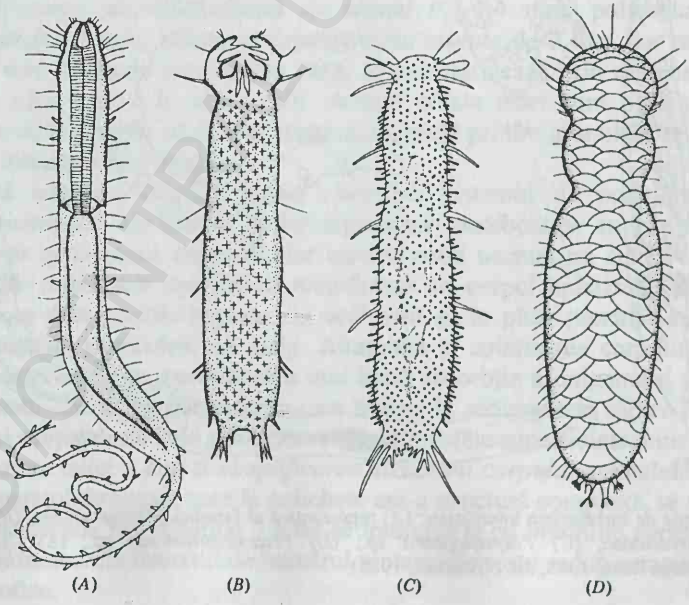


Figura 4.29 Gastrotrichi interstițiali: (*A*) *Urodasys viviparus*; (*B*) *Pseudostomella roscovita*; (*C*) *Thaumastoderma heideri*; (*D*) *Diplodasys ankeli* (după Swedmark, 1964, din Nybakken, 1988)

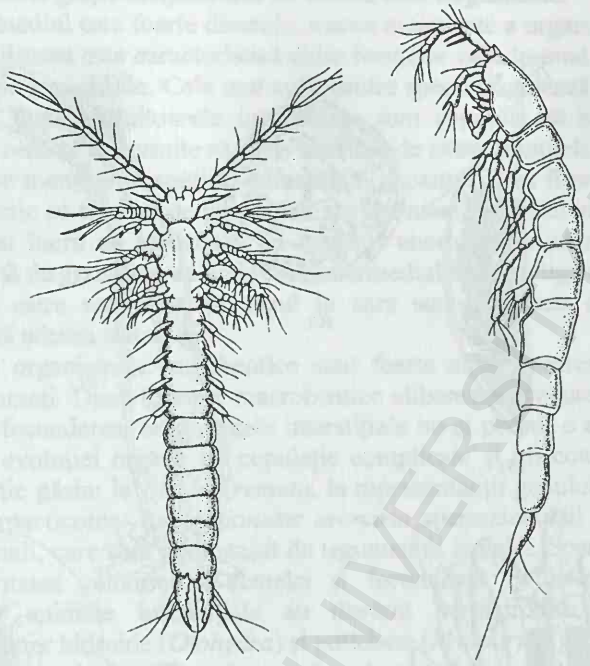


Figura 4.30 Crustacee interstiţiale: (*A*) *Derocheilocaris remanei* (Mystacocarida); (*B*) *Cylindropsyllis laevis* (Copepoda) (după Swedmark, 1964, din Nybakken, 1988)

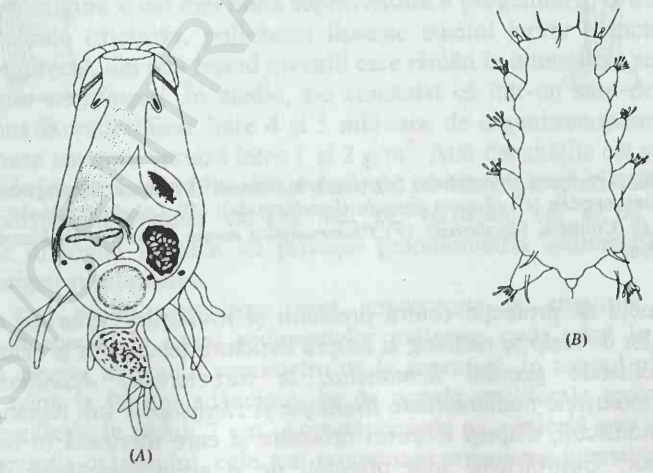


Figura 4.31 Rerezentanţi ai faunei interstiţiale: (*A*) *Monobryozoon ambulans* (Bryozoa) şi (*B*) *Batillipes pennaki* (Tardigrada) (*A*, după Huling, 1971, *B*, după Pollock, 1970, din Nybakken, 1988)

BCU IASI CENTRALA UNIVERSITARA LIBRARY

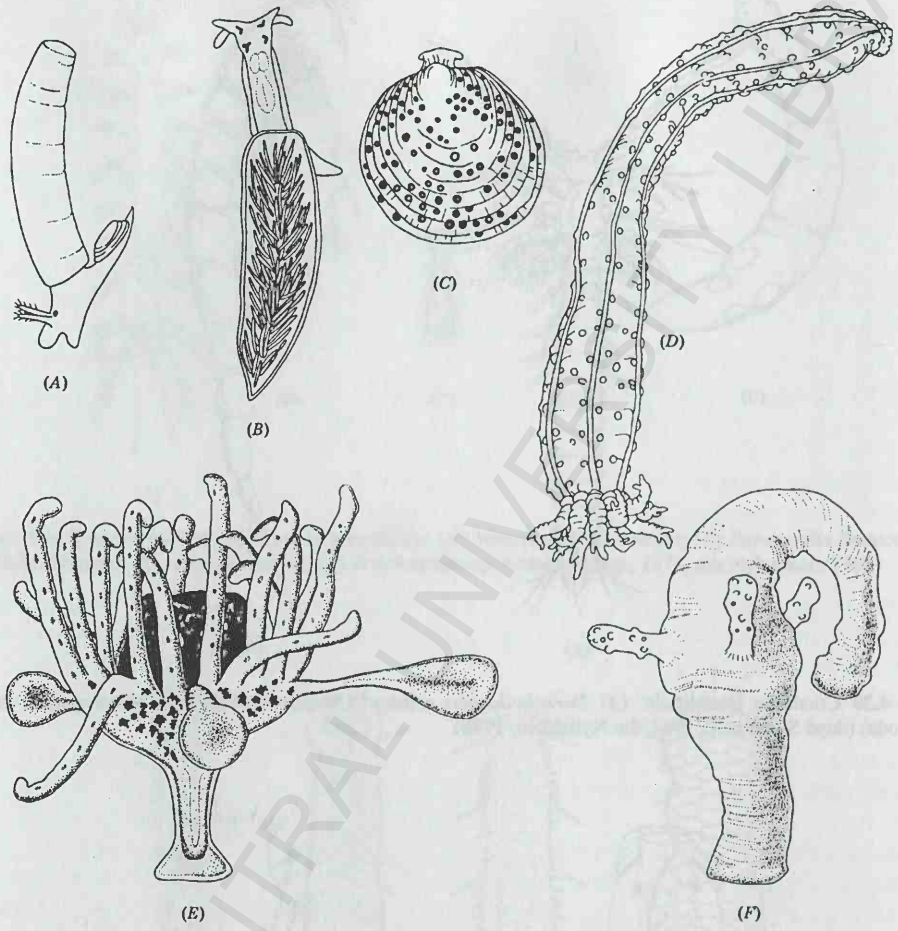


Figura 4.32 Reprezentanți ai faunei interstițiale: (*A*) *Caecum glabrum* (Mollusca, Gastropoda); (*B*) *Hedylopsis brambeli* (Mollusca, Gastropoda); (*C*) *Gwynia capsula* (Brachiopoda); (*D*) *Labidoplax buskii* (Echinodermata); (*E*) *Stylocoronella riedli* (Cnidaria, Scyphozoa). (*F*) *Psammohydra nanna* (Cnidaria, Hydrozoa) (după Hulings, 1971, din Nybakken, 1988)

Mecanismele de protecție contra presiunii și loviturilor valurilor sau a acțiunii abrazive a granulelor de nisip se răsfrâng și asupra structurii țesuturilor și celulelor corpului animalelor. La ciliatele genului *Remanella*, la turbelariatul *Acanthomacrostomum spiculiferum* și la moluștele nudibranhiate *Rhodope* și *Hedylopsis* sub tegument se găsesc spiculi calcaroși minusculi, dispuși în șiruri ordonate și care formează în felul acesta un exoschelet protector. Gastrotrichii sunt protejați de o armură alcătuită din solzi, iar nematodele au o cuticulă groasă. La unele turbelariate, polichete și gastrotrichi, dimpotrivă,

se formează nişte pernuţe protectoare elastice date de prezenţa în tegument a unui strat de celule vacuolizate, care, graţie conţinutului lor lichid, sunt turgescente.

Deoarece mediul este foarte dinamic, marea majoritate a organismelor de aici sunt *forme mobile*. Mobilitatea este caracteristică chiar formelor care în mod normal sunt sesile, cum ar fi briozoarele şi ascidiile. Cele mai agile dintre specii populează zona de spargere a valurilor. Aproape toate vieţuitoarele interstiţiale sunt capabile să se extindă şi să se contracte puternic, ceea ce le permite să evite strivirea de către granulele de nisip.

Pentru a se menţine în spaţiile interstiţiale şi pentru a nu fi aruncate afară, multe organisme interstiţiale se fixează de particulele de sediment. În cazul viermilor plaţi sau al gastrotrichilor acest lucru se realizează cu ajutorul unor organe adezive. Crustaceele şi tardigradele se agaţă de granulele de nisip prin intermediul unor cârlige sau gheare. Pentru a se orienta repede către sediment, în cazul în care sunt dislocate din acesta, formele interstiţiale prezintă adesea statocişti.

Deoarece organismele meiobentice sunt foarte mici, acestea produc un număr relativ redus de gameţi. Dacă formele macrobentice eliberează produsele sexuale direct în apă, unde are loc fecundarea, organismele interstiţiale nu-şi permit o astfel de risipă şi au căpătat în cursul evoluţiei organe de copulaţie complicate şi un comportament adecvat. Organe de copulaţie găsim la *Pisione remota*, la reprezentanţii genului *Microphthalmus* şi la copepodele harpacticoide. La *Hesionides arenaria* spermatozoizii sunt împachetaţi în *spermatofori* speciali, care sunt apoi ataşat de tegumentul femelei. Spermatozoizii trec prin tegument în cavitatea celomică a femelei şi fecundează ovulele. Pentru asigurarea fertilizării, unele animale interstiţiale au devenit hermafrodite, cum ar fi cazul gastrotrichilor, al unor hidroide (*Otohydra*) şi polichete (*Protodrilus*).

La un număr mic de ouă produse se dovedeşte a fi deosebit de util ca acestea să fie prevăzute cu adaptări pentru fixare şi mai ales pentru protecţia contra presiunii şi loviturilor valurilor. La arhianelidul *Trilobodrilus* membrana ovulară se poate umfla ca o gelatină. Unele turbelariate şi polichete secretă o substanţă gelatinoasă în care depun ouăle. Una dintre speciile de *Microphthalmus* împachetează ouăle într-un cocon fusiform rezistent.

Pentru a asigura o cât mai bună supravieţuire a progeniturii, la mulţi reprezentanţi ai faunei interstiţiale (moluşte, polichete) lipseşte stadiul larvar planctonic. De regulă, dezvoltarea este directă, din ouă ieşind juvenili care rămân în interstiţiile sedimentului.

Ecologia meiofaunei. În medie, s-a constatat că într-un strat de nisip de 10 cm grosime din zona litorală trăiesc între 4 şi 5 milioane de organisme meiobentice pe metru pătrat, iar biomasa acestora variază între 1 şi 2 g/m^2. Atât densităţile cât şi biomasele ating valorile cele mai ridicate în zona litorală şi descresc pe măsura creşterii adâncimii.

Compoziţia meiofaunei variază atât pe verticală, cât şi pe orizontală, fiind determinată de diferenţe în ceea ce priveşte granulometria sedimentului, temperatura, cantitatea de oxigen şi salinitatea.

Cele mai multe organisme sunt concentrate în straturile superficiale ale sedimentului, în special în cazul sedimentelor mâloase, unde până la 94% din totalul meiofaunei se găseşte în primul centimetru de la suprafaţă. În nisipul plajelor meiofauna este prezentă până la 90 cm adâncime, iar în zonele sublitorale aproximativ 95% din meiobentos se găseşte în primii 7 cm. Această variaţie pe verticală este corelată în primul rând cu concentraţia oxigenului, cele mai numeroase organisme interstiţiale fiind prezente în straturile aerobe. Există şi asociaţii de organisme care trăiesc în straturile anoxice, aşa-

numitul *thiobios*[89]. Cele mai caracteristice forme ale acestei asociații sunt ciliatele. Uneori aici se mai întâlnesc zooflagelatele, unele nematode, turbelariate, gnatostomulide, rotifere și gastrotrichi.

În zonele temperate s-au constatat migrații ale organismelor pe verticala sedimentelor. Astfel, același organism este găsit mai în profunzimea sedimentelor iarna și mai la suprafața lor vara. Pe țărmul Mării Nordului densitatea populațiilor psamobionte se schimbă în funcție de temperatură. Pe plaja nisipoasă de la țărmul vestic al insulei Syilt, vara târziu, în 100 cm^3 de nisip se găsesc în medie 750 metazoare, iar în martie-aprilie doar 250.

În zona de spargere a valurilor domină viermii plați din familia Otoplanidae, astfel că această porțiune a fundului poate fi denumită pe bună dreptate „*zona otoplanidelor*".

[89] *theíon* (gr.) = sulf; *bíos* = viață

BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Capitolul 5

ESTUARELE ŞI MLAŞTINILE SĂRATE

Estuarele şi mlaştinile sărate sunt ecosisteme de ecoton, situate în locul de îngemănare a apelor dulci cu cele marine. Faptul că aceste habitate se caracterizează printr-un aport ridicat de substanţe nutritive, atât de pe uscat cât şi din zonele marine învecinate, determină o productivitate primară extrem de ridicată. Deşi relativ puţine specii s-au putut adapta la condiţiile de viaţă fluctuante din estuare şi mlaştini, populaţiile de animale de aici prezintă densităţi foarte mari. Bogăţia în resurse trofice atrage numeroase specii migratoare, în special peşti, crustacee şi păsări, pentru care estuarele şi mlaştinile constituie veritabile zone de hrănire şi de reproducere.

5.1. ESTUARELE

Estuarele reprezintă porţiunile de apă parţial închise situate în locurile de vărsare a fluviilor şi râurilor din mările şi oceanele cu flux şi reflux puternic, unde are loc amestecul apelor dulci cu cele marine. De regulă, estuarele sunt în formă de pâlnie şi s-au format la sfârşitul ultimei glaciaţiuni, când văile inferioare ale râurilor au fost invadate de apele marine în urma ultimei transgresiuni.

Unii autori consideră drept variante particulare ale estuarelor lagunele, limanurile şi fiordurile. *Limanurile*[90] sunt acvatorii semiînchise, care comunică liber cu marea, de formă alungită, prin care râurile şi fluviile se varsă în mările interioare (Marea Neagră, Marea Azov). *Lagunele* sunt porţiuni ale mării separate de aceasta prin cordoane nisipoase sau recife de corali şi cu care mai păstrează legătura prin canale şi strâmtori înguste. *Fiordurile* reprezintă golfuri alungite, înguste şi de regulă foarte adânci, mărginite de maluri înalte şi abrupte. Fiordurile sunt deosebit de dezvoltate în Norvegia, Groenlanda şi Chile. În cele ce urmează vor fi discutate doar estuarele propriu-zise.

Estuarele reprezintă *ecotonuri*[91] sau arii de tranziţie între apele dulci şi cele marine. Comparativ cu alte ecotonuri, estuarele sunt foarte sărace în ceea ce priveşte

---

[90] *limén* (gr.) = golf

[91] *oikos* (gr.) = casă, locuinţă; *tónos* = tensiune, încordare

numărul de specii permanente. Deşi estuarele au caracter temporar, ele se caracterizează printr-o productivitate biologică extrem de ridicată.

Factorii abiotici din estuare

Pentru estuare sunt caracteristice variaţiile ample ale parametrilor fizico-chimici de mediu. Stressul din partea factorilor abiotici a limitat numărul organismelor ce pot vieţui în estuare.

Salinitatea. În estuare există un *gradient de salinitate* de la apă marină (33-37‰) la gura de vărsare până la apă complet dulce în amonte. Deoarece apa dulce este mai puţin densă decât apa marină, aceasta va „curge" deasupra apei mai sărate, dând naştere şi unui gradient vertical de salinitate între suprafaţă şi fund. Gradul de amestec dintre cele două mase de apă depinde de configuraţia estuarului, de tipul şi amplitudinea mareei, de debitul râului şi de climat (evaporaţie/precipitaţie). În estuarele din zona temperată, cu debit mare şi evaporaţie redusă, amestecul apelor are loc în apropierea suprafeţei apei, lăsând apele mai adânci mai sărate (fig. 5.1).

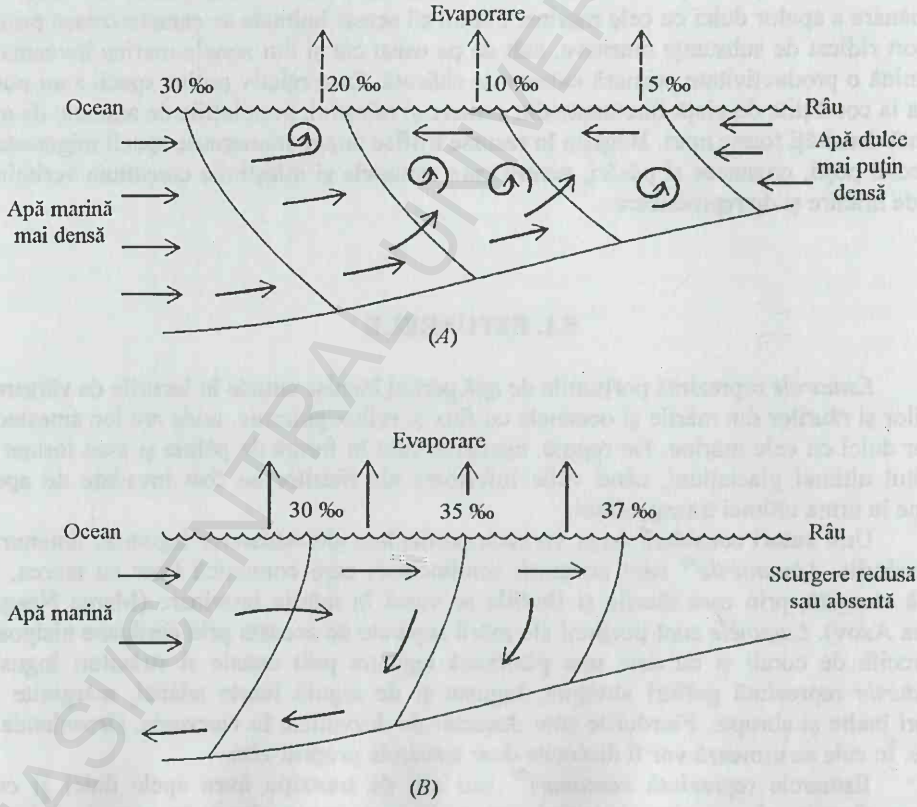


Figura 5.1 Variaţia salinităţii în diferite tipuri de estuare: (*A*) estuar din zona temperată, cu aport constant ridicat de apă dulce şi evaporaţie redusă; (*B*) estuar din zona tropicală, cu aport redus sau absent de apă dulce şi evaporaţie puternică (după Nybakken, 1988)

În zonele aride apa marină avansează spre estuare pe la suprafață și este slab diluată din cauza aportului redus de apă dulce. Evaporația ridicată duce la creșterea salinității apei superficiale. Aceasta devine mai densă, se scufundă și se deplasează pe fundul estuarului spre ocean. În acest tip de estuar salinitatea este mai ridicată în amonte și mai scăzută în aval (fig. 5.1).

În zonele în care amplitudinea mareei este puternică, la flux apele marine sunt împinse în adâncimea estuarului, deplasând izohalinele în amonte. La reflux, dimpotrivă, izohalinele sunt deplasate în aval. Astfel, mareele produc fluctuații puternice ale salinității în porțiunea de mijloc a estuarului (fig. 5.2).

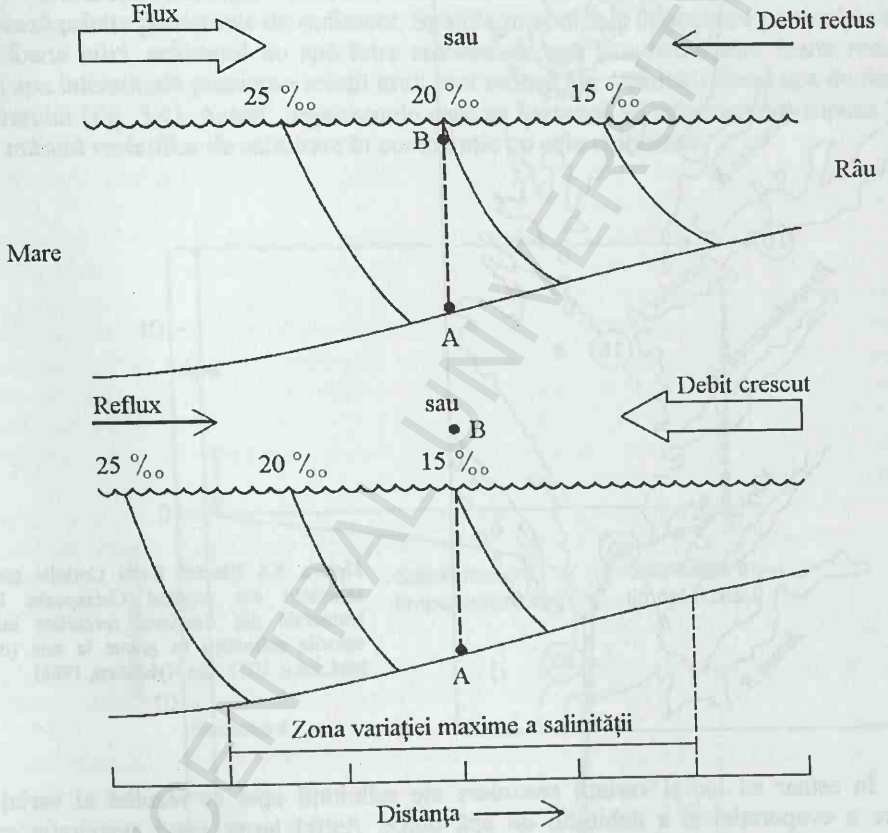


Figura 5.2 Variația salinității din estuare în funcție de maree și/sau de variațiile debitului râului. Punctul B este acoperit de ape cu salinitate ridicată numai la flux și nu este influențat de apele cu salinitate redusă la reflux..Punctul A, în schimb, este acoperit de ape cu salinități diferite la niveluri diferite ale mareei (după Nybakken, 1988)

Forța Coriolis, la rândul ei, deviază apele curgătoare înspre dreapta în emisfera nordică și înspre stânga în cea sudică. În aceeași manieră sunt deviate apele marine ce pătrund în estuar odată cu mareea. Prin urmare, două puncte situate la aceeași distanță de gura estuarului, dar pe maluri opuse, vor avea salinități diferite (fig. 5.3).

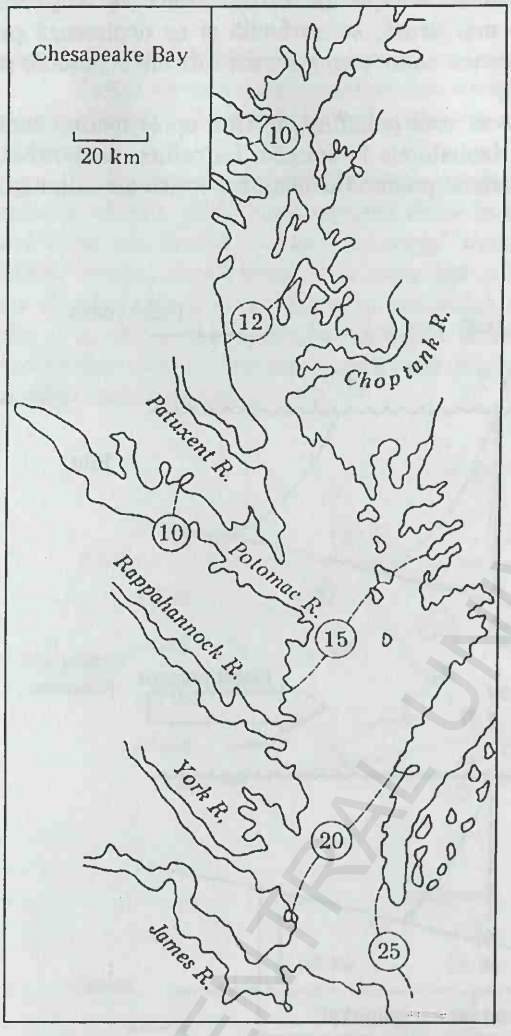


Figura 5.3 Efectul forței Coriolis asupra salinității din estuarul Chesapeake Bay. Numerele din interiorul cercurilor indică valorile salinității în grame la mie (după McLusky, 1971, din Nybakken, 1988)

În estuar au loc şi variații sezoniere ale salinității apei ca rezultat al variației sezoniere a evaporației şi a debitului de apă dulce. Astfel iarna, când evaporația este minimă, iar aportul de ape dulci este maxim, apele mai sărate vor fi împinse mai înspre gura estuarului. Vara, dimpotrivă, evaporația fiind puternică şi debitele râurilor mici, apele sărate vor pătrunde mai adânc în estuar.

Substratul. În majoritatea estuarelor fundul este alcătuit din sedimente mâloase slab consistente. Aceste sedimente provin din aluviunile fine transportate în estuar atât de apele curgătoare, cât şi de cele marine. Râurile şi fluviile antrenează adeseori mari cantități de suspensii fine, care, odată ajunse în estuar, floculează datorită prezenței diferitor ioni din apa marină şi se depun la gurile de vărsare, formând bancuri mâloase caracteristice. Apa

BCU CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

marină antrenează, de asemenea, mari cantități de particule în suspensie care se depun în apele calme și puțin adânci ale estuarelor.

Sedimentarea particulelor în suspensie depinde de agitația apei și de dimensiunea particulelor. În consecință, în zonele supuse unui hidrodinamism mai accentuat, cum ar fi cele de la gura și din adâncul estuarului, vor predomina sedimentele mai grosiere (prundiș și nisip), în timp ce în porțiunea mijlocie, cea de amestec a apelor, domină particulele mâloase fine.

Printre particulele ce se depun în estuar multe sunt de natură organică, provenind din mediul terestru sau marin. De aceea, substratul estuarelor este foarte bogat în materii organice, servind drept hrană pentru multe organisme estuariene.

Deoarece substratul estuarelor este alcătuit din mâl și nisip, apa de deasupra se infiltrează printre particulele de sediment. Spațiile interstițiale lăsate între particulele de mâl fiind foarte mici, schimbul de apă între coloana de apă și substrat este foarte redus. De aceea apa interstițială prezintă variații mult mai reduse ale salinității decât apa de deasupra substratului (fig. 5.4). Astfel, organismele care se îngroapă în substrat sunt supuse în mai mică măsură variațiilor de salinitate în comparație cu cele epibentice.

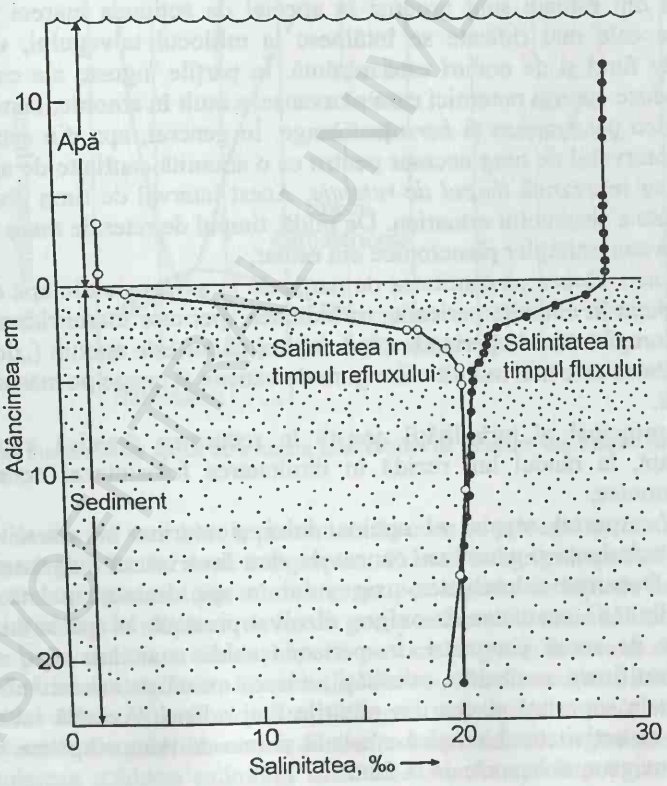


Figura 5.4 Comparație între variația salinității în coloana de apă și salinitatea apei interstițiale în funcție de ciclul mareic (după Sanders *et al*, 1965, din Levinton, 1995)

Temperatura apelor estuarelor prezintă amplitudini mai mari decât cea a apelor costiere din vecinătate. Acest lucru se datorează, pe de o parte, faptului că estuarele au suprafețe mari și volum de apă relativ mic și, prin urmare, sunt mult mai supuse influenței condițiilor atmosferice. Pe de altă parte, apele curgătoare care se varsă în estuar prezintă variații sezoniere ale temperaturii mult mai ample decât apele marine. Din această cauză, apele estuarelor sunt mai reci iarna și mai calde vara comparativ cu apele marine din apropiere. Prin urmare, variațiile anuale ale temperaturii sunt cu atât mai mari cu cât ne situăm mai departe de gura estuarului.

Temperatura apei variază și pe verticală, prezentând amplitudini mai mari în straturile mai superficiale și mai mici în cele mai profunde. Aceste diferențe de temperatură rezidă și din faptul că straturile superficiale sunt dominate de apele dulci, în timp ce apele din apropierea fundului sunt predominant sau chiar complet marine.

Acțiunea valurilor și curenții. Suprafața restrânsă, comparativ cu cea a largului mărilor și oceanelor, în combinație cu adâncimea mică fac ca estuarele să fie în general acvatorii cu ape calme. Acțiunea redusă a valurilor determină, după cum s-a arătat mai sus, depunerea sedimentelor fine, permițând instalarea plantelor cu rădăcini, care la rândul lor contribuie la stabilizarea acestor sedimente.

Curenții din estuare sunt produși în special de acțiunea mareei și de curgerea râurilor. Vitezele cele mai ridicate se întâlnesc la mijlocul talvegului, unde rezistența fricțională față de fund și de maluri este minimă. În părțile înguste ale estuarelor fluxul mareic poate produce curenți puternici care să avanseze mult în amonte, denumiți *mascaret* în Franța, *pororóca* pe Amazon și *bora* pe Gange. În general, apa din estuare se scurge treptat în mare. Intervalul de timp necesar pentru ca o anumită cantitate de apă dulce să fie evacuată din estuar reprezintă *timpul de retenție*. Acest interval de timp poate caracteriza gradul de stabilitate a sistemului estuarian. De pildă, timpul de retenție mare este important pentru menținerea comunităților planctonice din estuar.

Turbiditatea. Deoarece cantitatea de particule în suspensie din apa estuarelor este foarte mare, cel puțin în anumite perioade, turbiditatea apei este foarte ridicată. Maximum de turbiditate se înregistrează în perioada când debitul râului este maxim („dopul de mâl"). De regulă, turbiditatea este mai redusă către gura de vărsare și crește pe măsura înaintării în adâncul estuarului.

Efectul principal al turbidității constă în reducerea drastică a penetrabilității luminii. Acest fapt, la rândul lui, rezidă în diminuarea fotosintezei de către plantele planctonice și bentonice.

Oxigenul. Aportul regulat al apelor dulci și marine în estuar combinat cu adâncimea mică, turbulența și amestecul cauzat de vânt favorizează oxigenarea adecvată a maselor de apă. Deoarece solubilitatea oxigenului în apă descrește odată cu creșterea temperaturii și salinității, cantitatea de oxigen dizolvat prezentă în apă la un moment dat variază în funcție de acești parametri. În perioada caldă a anului, când se instalează termoclina și o stratificare verticală a salinității, adesea există puține schimburi între apa bine oxigenată de la suprafață și cea din păturile mai adânci. Această izolare a apelor adânci, împreună cu activitatea biologică crescută și rata de reîmprospătare redusă poate duce la epuizarea oxigenului în apele de la fund.

Din cauza unui conținut crescut de materii organice și a unei activități bacteriene intense, cantitatea de oxigen din sediment este foarte redusă. Din acest motiv sedimentele estuariene sunt anoxice chiar sub primii câțiva centimetri.

Originea florei și faunei estuarelor

Flora și fauna estuarelor este compusă din trei categorii de organisme: specii marine, specii dulcicole și specii salmastricole sau estuariene (fig. 5.5).

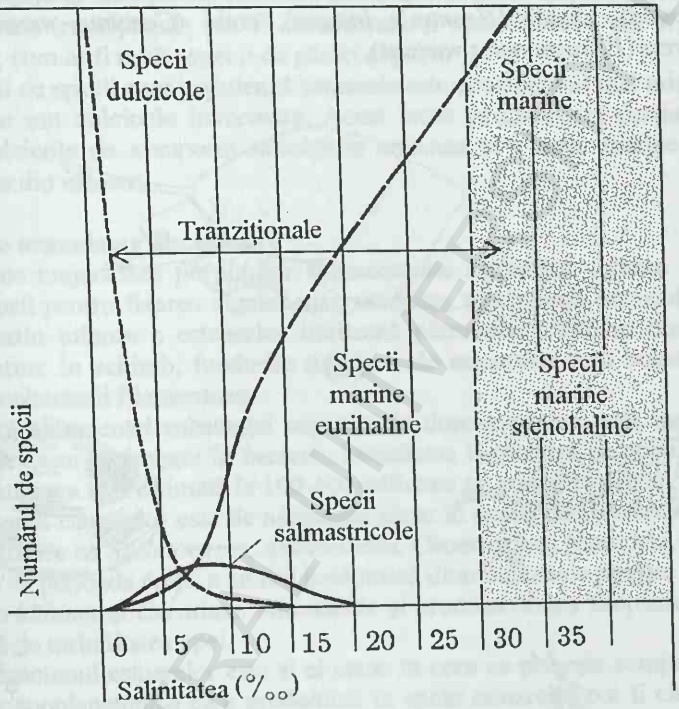


Figura 5.5 Variația numărului de specii de-a lungul gradientului de salinitate din estuare (după McLusky, 1971, din Nybakken, 1988)

Speciile marine sunt bine reprezentate în ceea ce privește numărul de specii și pot fi împărțite la rândul lor în două subgrupuri. Primul subgrup cuprinde *speciile marine stenohaline*, care sunt forme tipic marine și nu pot suporta variații de salinitate. Acestea sunt de obicei limitate în răspândirea lor la gurile estuarelor, unde salinitate nu scade sub 30‰. În mare parte sunt cam aceleași specii pe care le găsim în marea deschisă (*Balanus balanoides*, *Chthamalus stellatus*, *Elminius modestus*, *Patella vulgata*, *Littorina littorea*, *L. saxatilis*, *Mytilus edulis*, *Nucella lapillus*, *Crangon vulgaris*, *Arenicola marina*). Al doilea subgrup este format din *speciile marine eurihaline*, care sunt tot organisme tipic marine dar capabile să tolereze scăderea salinității sub 30‰. Aceste specii pot pătrunde pe distanțe diferite în adâncimea estuarului. Multe suportă diminuarea salinității până la 15‰, iar unele chiar până la 3‰. Dintre speciile marine eurihaline fac parte alga *Fucus ceranoides*,

scoicile *Mya arenaria*, *Cerastoderma edule*, crustaceele *Sphaeroma rugicauda*, *Neomysis integer*, *Gammarus zaddachi*, *G. duebeni* şi *Balanus improvisus*.

Speciile salmastricole sau *estuariene* (fig. 5.6) sunt caracteristice porţiunii din mijlocul estuarelor unde salinitatea oscilează între 5 şi 20‰, dar care nu se găsesc în apa dulce ori în cea marină. Organismele cu adevărat estuariene sunt foarte puţine la număr şi sunt de origine marină. Din această categorie fac parte unele alge verzi (*Enteromorpha intestinalis*, *Cladophora sericea*, *Chaetomorpha linum*), polichete (*Hediste diversicolor*), diferite specii de stridii (*Crassostrea*, *Ostrea*) şi alte bivalve (*Scrobicularia plana*, *Macoma baltica*), unele gasteropode mici (*Hydrobia ulvae*), amfipode (*Corophium volutator*, *Cyathura carinata*), miside (*Neomysis integer*), crabi (*Carcinus maenas*, *Callinectes sapidus*) şi crevete (*Palaemonetes varians*).

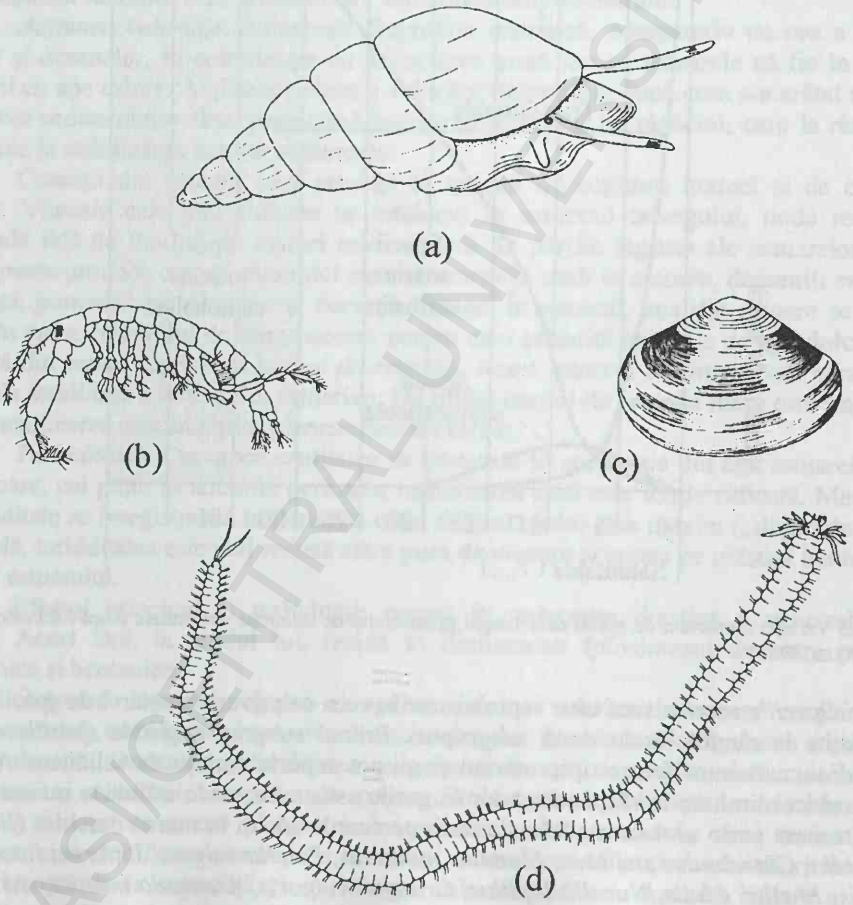


Figura 5.6 Câteva specii tipic estuariene: (a) gasteropodul *Hydrobia*; (b) amfipodul *Corophium*; (c) bivalva *Scrobicularia*; (d) polichetul *Hediste diversicolor* (după Nybakken, 1988)

BCU ASSIOCENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Ultima categorie este reprezentată de *speciile dulcicole*. Aceste organisme în mod obişnuit nu pot tolera salinităţi de peste 5‰ şi sunt limitate la partea din amonte a estuarelor.

Mai poate fi delimitată şi o categorie de *specii tranziţionale*, care cuprinde acele organisme care trec prin estuar în pasajul lor spre locurile de hrănire sau reproducere, din apele dulci în cele marine sau invers. Aşa sunt peştii migratori precum somonii (*Salmo*, *Oncorhynchus*) sau anghilele (*Anguilla*). Aici sunt incluse şi acele forme care îşi petrec doar o anumită parte din ciclul lor de viaţă în estuar. De regulă, acestea sunt stadiile juvenile, adulţii trăind în mare. Dintre acestea din urmă fac parte diferite crevete ale genului *Penaeus*. Tot forme tranziţionale pot fi considerate şi speciile care vin în estuar numai pentru a se hrăni, cum ar fi multe specii de păsări şi peşti.

Numărul de specii care populează estuarele este considerabil mai mic decât cel din habitatele marine sau dulcicole învecinate. Acest lucru se datorează parţial incapacităţii organismelor dulcicole de a suporta salinităţile crescute şi a celor marine de a suporta salinităţile reduse din estuare.

Comunităţile de organisme din estuare

Deoarece majoritatea porţiunilor submerse ale estuarelor constau din sedimente mâloase, improprii pentru fixarea algelor macroscopice, macroflora este slab reprezentată. În plus, apa foarte tulbure a estuarelor limitează pătrunderea luminii doar la o pătură superficială subţire. În schimb, fundurile mâloase ale estuarelor sunt bogate în diatomee bentonice şi cianobacterii filamentoase.

Datorită abundenţei substanţei organice în descompunere, atât apa, cât şi mâlul estuarelor sunt extrem de bogate în bacterii. Densitatea bacteriilor ce populează suprafaţa mâlurilor din estuare a fost estimată la 100-400 milioane pe gram de mâl.

Planctonul estuarelor este de asemenea sărac în specii. Fitoplanctonul este adesea dominat de diatomee ca *Skeletonema*, *Asterionella*, *Chaetoceros*, *Nitzschia*, *Thalassionema* şi *Melosira*, iar în perioada caldă a anului predomină dinoflagelatele precum *Gymnodinium*, *Gonyaulax*, *Peridinium* şi *Ceratium*. Abundenţa şi productivitatea fitoplanctonului depind în mare măsură de turbiditatea apei.

Zooplanctonul estuarelor este şi el sărac în ceea ce priveşte compoziţia specifică. Dintre speciile zooplanctonice care predomină în apele estuarelor pot fi citate copepodele *Eurytemora*, *Acartia*, *Pseudodiaptomus* şi *Centropages* şi misidele *Neomysis*, *Praunus* şi *Mesopodopsis*.

Adaptările organismelor estuariene

Pentru a putea vieţui în condiţiile unor variaţii bruşte ale condiţiilor de mediu organismele estuariene prezintă diverse adaptări morfologice, fiziologice şi etologice.

Multe dintre *adaptările de natură morfologică* care se regăsesc la organismele din estuare sunt o consecinţă a modului de viaţă într-un mediu particular. De exemplu, la unii crabi şi la multe bivalve ce trăiesc în sedimentele mâloase ale estuarelor deschiderile camerelor respiratorii sunt protejate împotriva înfundării cu particule de mâl de nişte franjuri de perişori. De asemenea, s-a constatat că organismele ce populează estuarele se caracterizează prin talii mai mici comparativ cu rudele lor ce trăiesc în apa marină şi printr-un număr redus de vertebre la peşti. Speciile marine din estuare au adeseori o rată de înmulţire şi fecunditate redusă, iar speciile dulcicole pot fi parţial sterile. Plantele vasculare

ce trăiesc în estuare sunt şi ele scunde şi mai toate prezintă un aerenchim care aprovizionează cu oxigen rădăcinile înfipte în mâlul anoxic. Oxigenul din aerenchimuri poate fi utilizat indirect şi de către animalele ce trăiesc în mâl.

Numeroase organisme estuariene prezintă o serie de *adaptări fiziologice* la variaţiile continue ale salinităţii mediului extern. Astfel majoritatea organismelor ce populează estuarele se caracterizează prin capacitatea de osmoreglare sau prin abilitatea de a funcţiona la variaţii interne ale concentraţiilor saline. Osmoreglarea se poate face pe mai multe căi: (1) prin eliminarea sau absorbţia apei, (2) prin eliminarea sau absorbţia ionilor sau (3) prin ajustarea echilibrului intern apă-ioni. Mecanisme de osmoreglare rudimentare găsim la unele polichete, cum ar fi *Hediste diversicolor* (fig. 5.6d). Unele gasteropode, cum ar fi *Hydrobia* (fig. 5.6a), prezintă abilităţi de osmoreglare limitate şi pot fi găsite la salinităţi sub 5‰. La crustaceele superioare, ca de exemplu la crabi, osmoreglarea este bine dezvoltată datorită atât permeabilităţii mici a carapacei, cât şi abilităţii pronunţate de a-şi regla concentraţia ionică a mediului intern. La vertebrate osmoreglarea se face prin eliminarea excesului de apă prin organele excretorii, în special prin rinichi, şi resorbţia ulterioară a ionilor necesari din mediul extern. Multe plante vasculare din estuare prezintă glande pentru eliminarea excesului de sare, menţinând astfel un echilibru apos stabil. Halofitele suculente pot lepăda frunzele încărcate cu săruri.

Organismele estuariene pot prezenta şi anumite *adaptări comportamentale*. Astfel, unele nevertebratele se îngroapă în mâl unde sunt în contact cu apa interstiţială, care prezintă variaţii ale salinităţii şi temperaturii mult mai reduse decât în coloana de apă de deasupra (fig. 5.4). Din acest motiv, organismele bentonice pot pătrunde mult mai adânc în estuar în comparaţie cu cele planctonice. Pe de altă parte, îngroparea în mâl le protejează contra unor prădători precum păsările, peştii sau crabii.

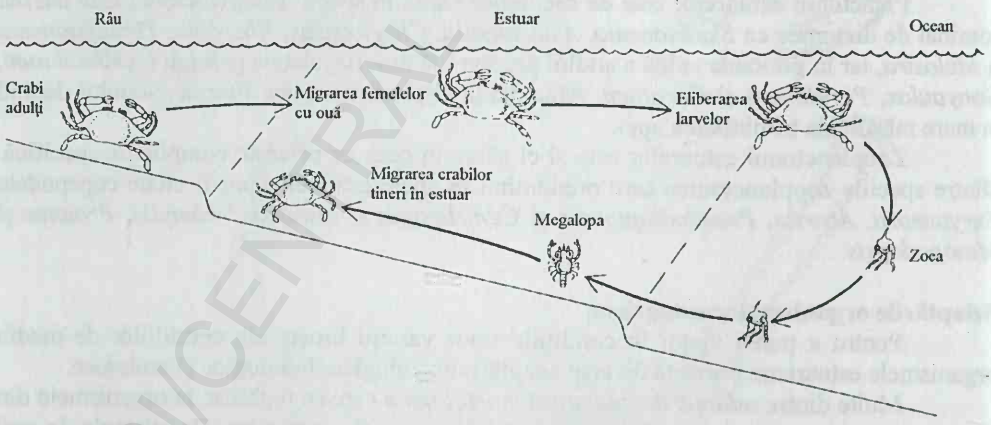


Figura 5.7 Ciclul de viaţă al crabului *Callinectes sapidus* din estuarele de pe coasta atlantică a Americii de Nord (după Nybakken, 1988)

Bivalvele, care în general sunt slabi osmoreglatori, răspund la scăderea bruscă a salinităţii prin închiderea valvelor pentru a preveni diluarea excesivă a fluidelor interne.

După cum s-a arătat mai sus, mulţi crabi estuarieni adulţi pot popula cu succes apele estuariene cu salinităţi foarte mici. Totuşi ouăle şi larvele lor nu posedă capacitatea de

osmoreglare. De aceea, mulţi crabi, ca de exemplu *Eriocheir sinensis* şi *Callinectes sapidus*, realizează migraţii în perioada de reproducere din apele estuarelor în apele marine învecinate, iar juvenilii migrează în sens invers (fig. 5.7).

Alte specii profită de baza trofică foarte bogată şi de numărul redus de prădători folosind estuarele drept pepiniere pentru juvenilii lor. Astfel, larvele şi juvenilii unor specii de peşti, cum sunt chefalii (*Mugil* sp.), cambula (*Platichthys flesus*), heringul-tiran (*Brevoortia tyrannus*), trăiesc şi se hrănesc în estuare, iar ca adulţi migrează înapoi în mare. Tot ca incubator folosesc estuarele diferite crevete (*Penaeus*).

5.2. MLAŞTINILE SĂRATE

În părţile superioare ale zonelor de flux-reflux din regiunile temperate şi subpolare, în locurile ferite de acţiunea valurilor, adesea se formează mlaştini sărate. Aceste terenuri mlăştinoase sunt populate de o asociaţie caracteristică de plante superioare emerse, care pot creşte într-un sol cu un conţinut foarte ridicat de săruri (*halofite*). Deoarece părţile superioare ale acestor plante nu sunt acoperite de apă nici în timpul celor mai înalte maree, mlaştinile sărate sunt considerate ca fiind ecosisteme de ecoton, făcând tranziţia între mediul acvatic şi cel terestru.

Factorii abiotici din mlaştinile sărate

La fel ca şi estuarele, mlaştinile sărate se caracterizează prin condiţii de mediu foarte variabile.

Salinitatea din mlaştinile sărate oscilează în limite mari datorită interacţiunii apei dulci cu cea marină. În timpul fluxului mlaştinile sărate sunt acoperite cu apă marină cu salinitate oceanică normală (33-37‰). În timpul refluxului, însă, ploile torenţiale pot reduce salinitatea până aproape de zero sau, dimpotrivă, evaporaţia intensă din timpul verii poate creşte salinitatea până la 60‰.

Temperatura prezintă şi ea largi fluctuaţii. În zona temperată în timpul refluxului substratul este supus unor temperaturi extreme ale aerului ce variază între temperaturi negative pe timp de iarnă şi temperaturi de peste 30°C pe timp de vară. Oscilaţiile diurne ale temperaturii suprafeţei mâlului pot fi de circa 10°C.

Substratul este alcătuit din mâl negru fin, cu un conţinut ridicat de sare, sărac în oxigen, dar bogat în hidrogen sulfurat. Resturile vegetale ce se depun pe fundul mlaştinii duc adesea la formarea unui depozit de turbă.

Comunităţile de organisme din mlaştinile sărate

Relativ puţine plante şi animale s-au putut adapta condiţiilor severe din mlaştinile sărate. În linii generale, există o mare similitudine taxonomică între organismele ce populează mlaştinile sărate din diverse regiuni ale globului terestru.

Plantele dominante din mlaştinile sărate aparţin genurilor *Spartina*, *Juncus* şi *Salicornia* (fig. 5.8). Aceste plante au un sistem rizomial extins, care conţine un aerenchim cortical pentru a înlesni respiraţia rădăcinilor. Deoarece înmulţirea acestor halofite se face mai ales pe cale vegetativă, sistemul de rizomi contribuie la extinderea suprafeţelor acoperite de aceste plante.

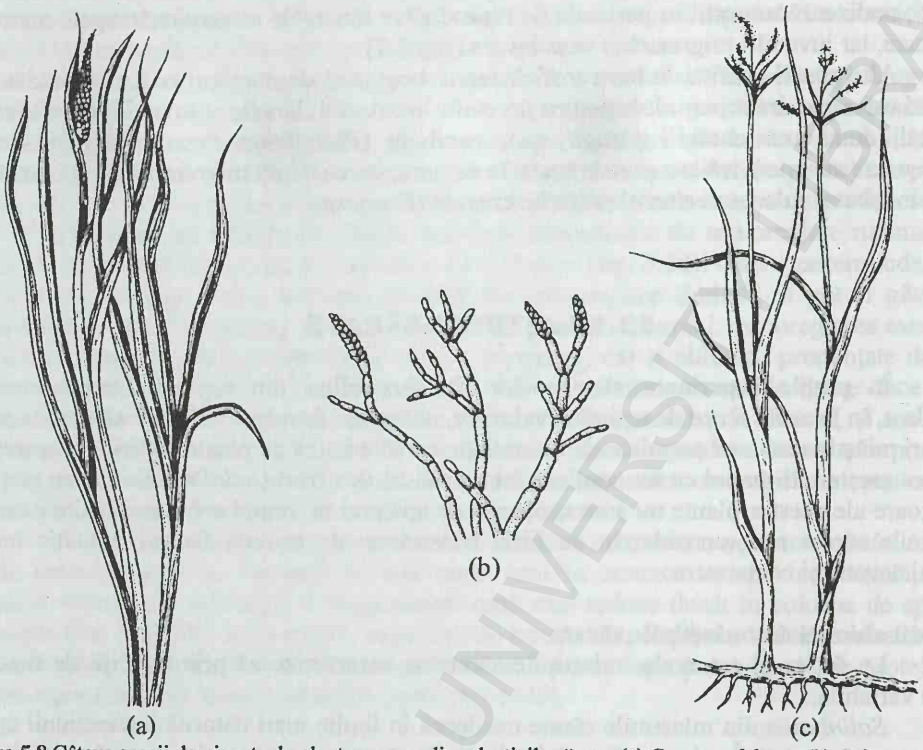


Figura 5.8 Câteva specii dominante de plante emerse din mlaştinile sărate: (a) *Spartina foliosa*; (b) *Salicornia*; (c) *Junkus gerardi* (după Nybakken, 1988)

Dintre animalele de origine marină caracteristice mlaştinilor sărate pot fi menţionate speciile de polichete (*Streblospio*, *Capitella*, *Manayunkia*), moluşte bivalve (*Modiolus*, *Geukensia demissa*) şi gasteropode (*Ilyanassa obsoleta*, *Littorina*, *Cerithidea*, *Melampus*), crabi (*Rhithropanopeus harrisii*, *Pachygrapsus crassipes*, *Uca*, *Hemigrapsus*), amfipode, ciripede etc. Peştii cei mai comuni ai mlaştinilor sărate sunt *Menidia menidia* şi *Fundulus heteroclitus*. Dintre animalele de origine terestră dominante sunt insectele, multe fiind o componentă permanentă a mlaştinilor sărate. Unele animale terestre, cum sunt ratonii (*Procyon lotor*) şi păsările de apă, pătrund aici numai în căutare de hrană. Se poate spune că în timpul fluxului mlaştina este invadată de specii marine şi estuariene, iar în timpul refluxului aici vin să se hrănească speciile terestre.

Zonarea vegetaţiei din mlaştinile sărate

În cadrul mlaştinilor sărate se pot observa zone distincte de vegetaţie, fiecare dominată de o anumită specie de plante. Deşi compoziţia specifică variază în funcţie de zona geografică, din cauza diferenţelor în ceea ce priveşte regimul mareelor, de pantă, climă, drenaj şi altor factori, există o anumită schemă generală a zonării vegetaţiei din mlaştinile sărate.

Astfel, fundul ochiurilor de apă şi al gârlelor care intersectează mlaştina este populat de plantele vasculare submerse ca *Ruppia maritima* şi *Zostera marina*. Urmează

zona bancurilor de mâl lipsite de vegetație macrofită, dar bogat populate de endofaună. Pe suprafața acestor bancuri mâloase se dezvoltă, asemenea unui covor viu, diatomeele și cianobacteriile. În zona intermareică specia dominantă este *Spartina alterniflora*. Această specie atinge 1,5-2 m înălțime pe malul gârlelor cu un curs rapid, dar este scundă în partea superioară a depozitelor de turbă. Mai sus de limita superioară a mareei de sizigii *Spartina alterniflora* este înlocuită de *Spartina patens*. Și mai sus se dispun în ordine porțiuni acoperite de *Distichlis spicata*, *Juncus gerardi* și *Salicornia*. În părțile superioare ale mlaștinilor sărate halofitele sunt înlocuite de tufișuri și arbori de uscat (fig. 5.9 și fig. 5.10).

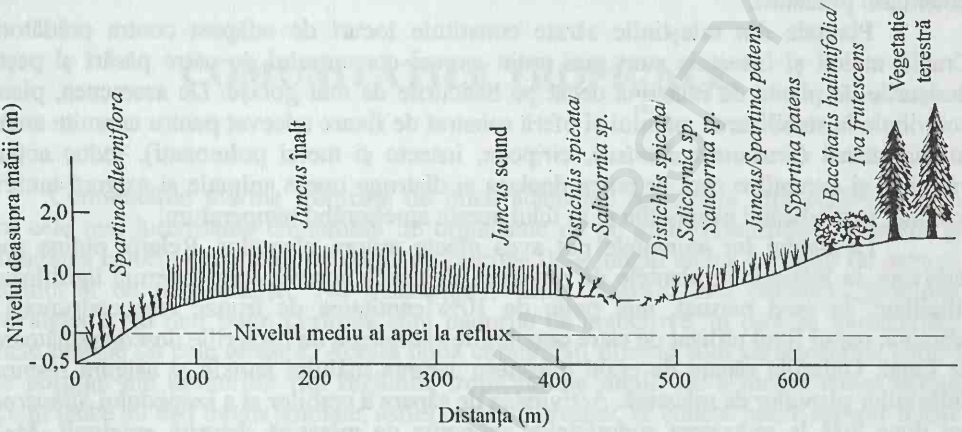


Figura 5.9 Schiță generalizată a zonării plantelor din mlaștinile sărate de la țărmurile adăpostite de acțiunea valurilor (după Stout, 1984, din Nybakken, 1988)

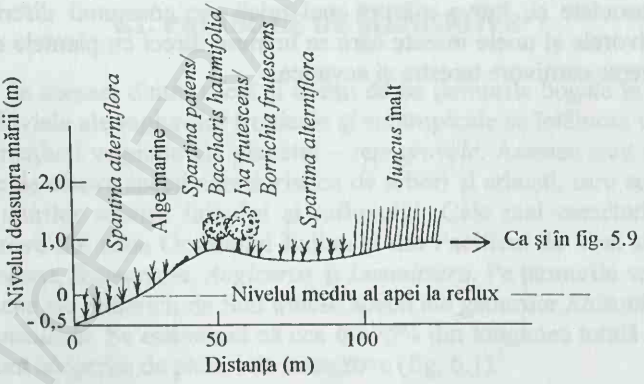


Figura 5.10 Schiță generalizată a zonării plantelor din mlaștinile sărate de pe coastele expuse acțiunii valurilor (după Stout, 1984, din Nybakken, 1988)

Interacțiunile biologice din mlaștinile sărate

În cadrul mlaștinilor sărate se stabilesc numeroase interacțiuni între animalele terestre și cele marine, între animale și plante și între plante și mediul lor înconjurător.

Speciile acvatice prevalează în zonele joase, arareori exondate, în timp ce formele terestre predomină în zonele situate deasupra nivelului maxim al mareei. Cele mai puține specii se întâlnesc în zona intermediară.

Puține animale pot tolera variațiile ample ale temperaturii și salinității care au loc în mlaștinile sărate. De aceea, animalele de mlaștină și-au dezvoltat o serie de adaptări pentru a minimaliza efectele acestor condiții de mediu extreme. Crabii, de exemplu, se îngroapă în mâl pentru a evita deshidratarea și a se menține la nivelul apelor cu o salinitate mai constantă. Melcii *Melampus*, *Littorina* și unele insecte evită acoperirea cu ape din timpul fluxului prin urcarea lor pe tulpinile plantelor. În felul acesta sunt evitați și potențialii prădători.

Plantele din mlaștinile sărate constituie locuri de adăpost contra prădătorilor. Crabii, melcii și insectele sunt mai puțin expuși consumului de către păsări și pești în desișurile de plante de mlaștină decât pe bancurile de mâl golașe. De asemenea, plantele contribuie la stabilizarea mâlului și oferă substrat de fixare adecvat pentru anumite animale (midia striată *Geukensia demissa*, ciripede, insecte și melci pulmonați), reduc acțiunea valurilor și curenților care ar putea deplasa și distruge unele animale și asigură umbrirea mâlului, împiedicând evaporația și în felul acesta ameliorând temperatura.

La rândul lor animalele pot avea efecte asupra plantelor. Relativ puține specii ierbivore se hrănesc cu plantele de mlaștină, deoarece acestea sunt puternic lignificate și silicifiate. În mod normal, mai puțin de 10% cantitatea de frunze este consumată de erbivore, restul fiind utilizat de către populațiile abundente de bacteriile descompunătoare și de fungi. Galeriile săpate de crabi înlesnesc aerarea mâlului anoxic și asigură respirația rădăcinilor plantelor de mlaștină. Activitatea de săpare a crabilor și a izopodului *Sphaeroma* pot duce însă la reducerea suprafețelor acoperite de mlaștină datorită eroziunii. Melcii *Melampus* și *Littorina*, care se hrănesc cu perifitonul algal de pe tulpinile halofitelor, înlesnesc creșterea lor prin eliminarea sau reducerea suprafețelor acoperite de alge.

Rețelele trofice din mlaștinile sărate se bazează în esență pe consumul detritusului și a bacteriilor asociate și, într-o măsură mai mică, pe consumul diferitelor microalge bentonice. Detritivorele și unele insecte care se hrănesc direct cu plantele de mlaștină sunt consumate de diverse carnivore terestre și acvatice.

BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Capitolul 6

COMUNITĂȚILE TROPICALE

Comunitățile marine tropicale de mică adâncime reprezintă fără echivoc unele dintre cele mai interesante comunități de organisme de pe glob. Frumusețea formelor și multitudinea culorilor recifelor de corali au fascinat de-a lungul anilor generații de oameni de știință și de nespecialiști. Nu întâmplător, Ernst Haeckel le-a denumit „grădinile hesperidelor". Nu mai puțin curioase sunt pădurile de mangrove, în care se întrepătrund formele marine cu cele terestre. Aceste două comunități diferite sunt caracteristice pentru vaste porțiuni ale țărmurilor din regiunile tropicale ale lumii. De-a lungul anilor aceste asociații unice au fost intens studiate, astfel încât, în prezent, se cunosc multe aspecte legate de distribuția, zonarea și structura lor.

6.1. PĂDURILE DE MANGROVE

În zona de contact dintre uscat și ocean de pe țărmurile bogate în golfuri, lagune, estuare și delte fluviale ale regiunilor tropicale și subtropicale se întâlnesc unele dintre cele mai curioase formațiuni vegetale ale planetei – *mangrovele*. Acestea sunt niște comunități litorale dominate de câteva specii caracteristice de arbori și arbuști, care se pot dezvolta în apa sărată a țărmurilor supuse fluxului și refluxului. Cele mai caracteristice genuri de arborii de mangrove din zona Oceanului Indian și din Pacificul de Vest sunt *Rhizophora*, *Avicennia*, *Bruguiera*, *Sonneratia*, *Aegiceras* și *Lumnitzera*. Pe țărmurile vestice ale Africii și pe cele răsăritene ale Americii de Sud trăiesc specii ale genurilor *Rhizophora*, *Avicennia*, *Ceriops* și *Laguncularia*. Se estimează că cca 60-75% din lungimea totală a țărmurilor din zona tropicală sunt acoperite de păduri de mangrove (fig. 6.1).

Răspândirea pădurilor de mangrove

Pădurile de mangrove se pot dezvolta numai de-a lungul țărmurilor adăpostite de acțiunea valurilor oceanici. Aceste păduri sunt caracteristice gurilor de vărsare a râurilor, zonelor costiere unde în calea apelor se întind recife de corali, lanțuri insulare și bancuri de nisip. Apele liniștite determină sedimentarea și acumularea pe fund a particulelor fine. De aceea substratul pădurilor de mangrove este alcătuit din mâl. În zona exterioară mâlul

mangrovelor este semifluid, în schimb în părțile interioare ale pădurilor de mangrove se formează un sol adevărat. În urma amestecului mâlului sărat cu resturi de frunze, ramuri și trunchiuri ale arborilor de mangrove se formează humusul, iar uneori chiar turbă.

Prezența unui sistem radicular adventiv dens duce la o diminuare și mai accentuată a hidrodinamismului. De aceea, în zona pădurilor de mangrove are loc o acumulare rapidă a sedimentului și extinderea uscatului, în unele locuri rata de acumulare putând atinge 200 m/an.

Plantele de mangrove au nevoie de o temperatură de cel puțin 20°C, de precipitații abundente (peste 2000 mm/an), o umiditate absolută ce să depășească 75-80%, de sedimente terigene bogate în substanțe organice, de variații mici ale *p*H-ului, iar oxigenul dizolvat să se situeze la valoare de 27,0-96,6% din saturație. Limita nordică de răspândire a formațiunii de mangrove se situează la 20° lat. N în Africa de Vest și la 33° lat. N pe litoralul insulelor Okinawa mai la sud de Japonia, iar cea sudică cam pe la paralela de 44° lat. S (fig. 6.1).

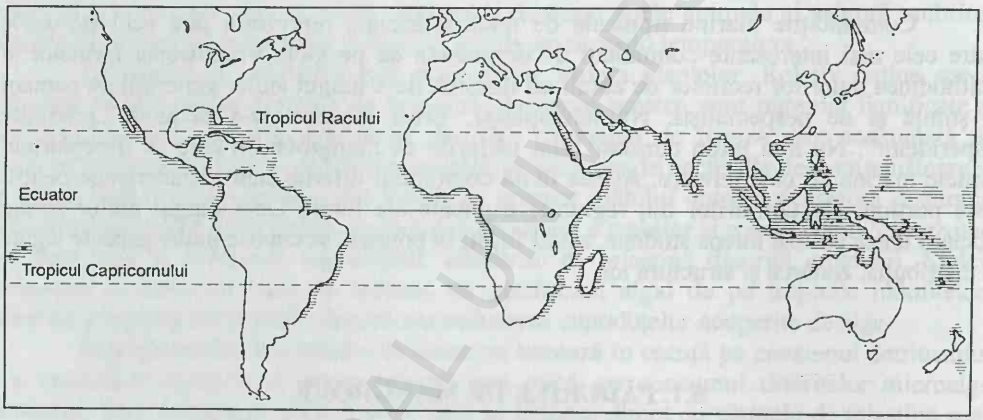


Figura 6.1 Răspândirea pădurilor de mangrove în lume (după Grzimek, 1988)

Cele mai luxuriante păduri de mangrove se întâlnesc pe țărmurile unde mai sus este prezentă pădurea tropicală umedă, care trece direct în desișurile de mangrove. În acest caz, arborii de mangrove pot avea înălțimi de până la 25 m. În zonele tropicale mai aride sau în cele subtropicale pădurile de mangrove sunt reprezentate de arbori asemănători unor tufișuri.

Pe verticală, pădurile de mangrove ocupă zona situată între nivelul cel mai scăzut al apei la reflux și cel mai înalt flux, adică zona intermareică. Această zona este inundată de apă de 10-15 ori pe lună, astfel că intervalul de timp cât manglierii se află sub apă reprezintă aproximativ 40%. Acțiunea mareei favorizează plantele din mangrove prin excluderea altor plante vasculare superioare din punct de vedere competitiv. Mareele aduc apă sărată în estuare, permițând propagarea mangrovelor înspre uscat, transportă sărurile nutritive, previn sărăturarea solului până la nivele letale datorită evaporării intense și contribuie la propagarea plantulelor.

La rândul ei, vegetația lemnoasă a mangrovelor creează o serie de condiții particulare de viață pentru organismele bentonice. Din cauza abundenței resturilor organice

în mangrove, chiar la câțiva milimetri de la suprafața sedimentelor nu mai există oxigen. În locurile în care roca-mamă nu este formată din depuneri calcaroase, ci constă din roci vulcanice, volumul mare de fibre de lemn greu degradabile face ca în substratul mâlos să se formeze humus, acizi humici și chiar turbă. Ca urmare, apa interstițială prezintă o aciditate crescută, având un *p*H de 6,6-7,6. Pentru moluște acest fapt prezintă dificultăți în ceea ce privește formarea cochiliilor calcaroase.

În același timp, viața pe sedimentele mâloase ale mangrovelor prezintă o serie de avantaje comparativ cu existența pe suprafețele mâloase dezgolite. Frunzișul arborilor de mangrove protejează de acțiunea dogorâtoare a soarelui tropical. Pentru că vântul răzbate cu greu prin împletitura deasă a ramurilor, în desișurile de mangrove întotdeauna domină zăpușeala. În schimb, această umiditate ridicată este favorabilă organismelor marine. Acumularea unor mari cantități de materii organice în mâl contribuie la dezvoltarea unei endofaune bogate.

Adaptările plantelor de mangrove

Arborii din pădurile de mangrove prezintă o serie de caracteristici comune care le permit să se dezvolte în apele marine. Asemenea plantelor plajelor marine și sărăturilor, manglierii au frunzele rigide, suculente și prezintă un țesut special care permite păstrarea unei rezerve de apă dulce, chiar dacă sunt inundate de apa marină. Pentru a diminua evaporația frunzele plantelor de mangrove sunt acoperite de un strat de ceară sau de perișori. Unii dintre aceștia prezintă pe frunze glande salifere prin care elimină excesul de sare.

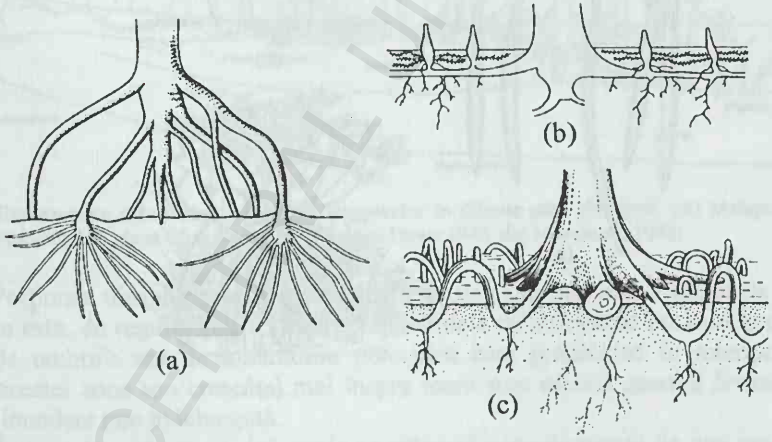


Figura 6.2 Sistemele radiculare caracteristice unor arbori de mangrove: (a) rădăcini adventive proptitoare la *Rhizophora*; (b) rădăcini aeriene respiratorii sau pneumatofori la *Sonneratia*; (c) rădăcini respiratorii geniculate la *Bruguiera* (după Grzimek, 1988)

Adaptări speciale asigură fixarea arborilor pe țărmurile mâloase instabile. Deoarece mâlul pe care cresc manglierii este anoxic chiar aproape de suprafață, arborii de aici prezintă un sistem radicular superficial extins sau rădăcini adventive proptitoare care pornesc direct de pe trunchiuri sau ramuri, asemenea unor catalige. Pentru o aprovizionare eficientă a rădăcinilor cu oxigen la *Avicennia* și *Sonneratia* s-au dezvoltat niște rădăcini

aeriene respiratorii numite *pneumatofori*, care ies în afară din sol, iar la *Bruguiera* rădăcini geniculate caracteristice (fig. 6.2). Filamentele radiculare subțiri ale arborilor de mangrove pot absorbi substanțele nutritive numai din stratul superficial de mâl, care conține oxigen. Deoarece pădurile de mangrove se găsesc și în acele locuri unde în permanență se depun noi straturi de mâl, creșterea rădăcinilor în sus trebuie să aibă loc în paralel cu acumularea mâlului. Pentru a putea absorbi sărurile nutritive rădăcinile arborilor de mangrove trebuie să aibă o presiune osmotică mai mare decât cea a apei sărate din mâl.

Vegetația de mangrove prezintă adaptări speciale care să ajute la popularea bancurilor mâloase nou-apărute. La *Rhizophora* și alte specii plantulele germinează direct din fruct când încă se află pe planta-mamă (viviparitate). Când plantulele devin mai mari și mai grele la capătul distal liber acestea se desprind și fie se înfig cu rădăcinița în mâlul moale dedesubtul plantei-mamă, fie sunt antrenate de apă și purtate în alt loc, unde se înrădăcinează (fig. 6.3).

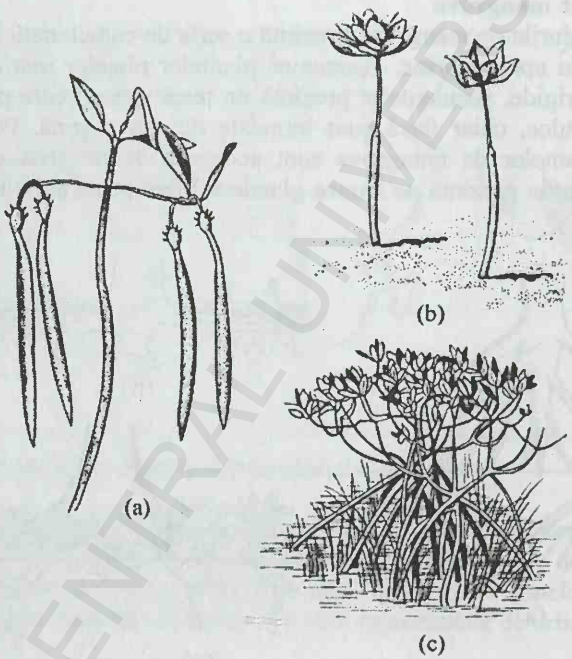


Figura 6.3 Ciclul de viață al unui manglier: (a) plantulele germinează direct pe planta-mamă; (b) plantulele cad și fie se înfig în mâl, fie sunt duse de apă și se înrădăcinează în altă parte; (c) la puțină vreme planta tânără formează un sistem complicat de rădăcini adventive (după Grzimek, 1988)

Zonarea mangrovelor

Deși nu există o schemă cu adevărat universală pentru succesiunea diferitor specii de plante de mangrove, o schemă generală cu o largă aplicabilitate poate fi sugerată pentru pădurile de mangrove din regiunea Indo-Pacifică (fig. 6.4).

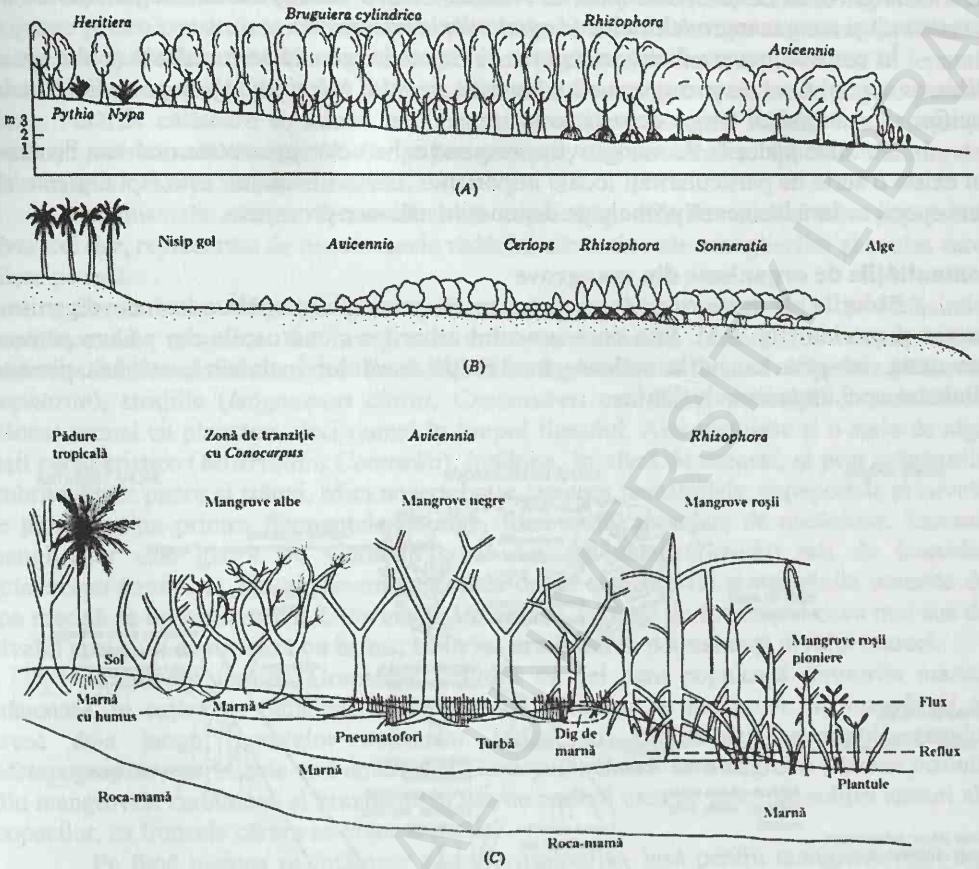


Figura 6.4 Reprezentare schematică a zonării mangrovelor în diferite părți ale lumii: (*A*) Malaysia; (*B*) vestul Africii; (*C*) Florida (*A*, *B*, după Chapman, 1977; *C*, după Davis,1940, din Nybakken, 1988)

Porțiunea dinspre mare este dominată de una sau mai multe specii de *Avicennia*. Acest brâu este, de regulă, îngust deoarece plantulele de *Avicennia* nu se dezvoltă bine în condiții de umbrire sau de înnămolire puternică care predomină în interiorul pădurii. Asociați acestei zone sau crescând mai înspre mare sunt arborii genului *Sonneratia*, care preferă o inundare mai îndelungată.

În spatele centurii cu *Avicennia* se situează zona dominată de una sau mai multe specii de *Rhizophora*. Speciile de *Rhizophora* sunt adesea destul de înalte și ocupă o arie destul de extinsă situată între limita inundată la fiecare flux și zona inundată doar la mareele de sizigii.

Mai înspre uscat găsim arborii genului *Bruguiera* care se dezvoltă pe sedimente mai stabilizate (argile) și la nivelul mareelor de sizigii. Ultima zonă este cea cu *Ceriops*, reprezentată printr-o asociație de arbuști scunzi. Această zonă este rareori distinctă și poate fi unită de fapt cu cea a arborilor de *Bruguiera*.

Pe coastele americane zonarea este mai puțin evidentă datorită numărului mai mic de specii de manglieri (fig. 6.4). Aici putem deosebi, mergând dinspre mare spre uscat,

zona mangrovelor roşii (*Rhizophora mangle*), zona mangrovelor negre (*Avicennia germinans*) şi zona mangrovelor albe (*Laguncularia racemosa*).

În zona de trecere dintre mangrove şi vegetaţia terestră se instalează şi alte specii: *Hibiscus* spp. şi *Conocarpus erectus* în America de Sud, palmierul *Nypa* pe coastele Indo-Pacifice şi pretutindeni feriga *Acrostichum*.

Nu toate pădurile de mangrove corespund schemelor prezentate mai sus, deoarece pot exista o serie de particularităţi locale importante. Uneori hotărâtor este faptul plantulele cărei specii se înrădăcinează primele pe depunerile mâloase proaspete.

Comunităţile de organisme din mangrove

Pădurile de mangrove se caracterizează printr-o întrepătrundere de organisme terestre şi marine (fig. 6.5). Prin coronamentul arborilor vieţuitoarele din pădure pătrund spre mare, iar prin bancurile mâloase în direcţia uscatului înaintează, atât cât permite salinitatea apei, organismele marine.

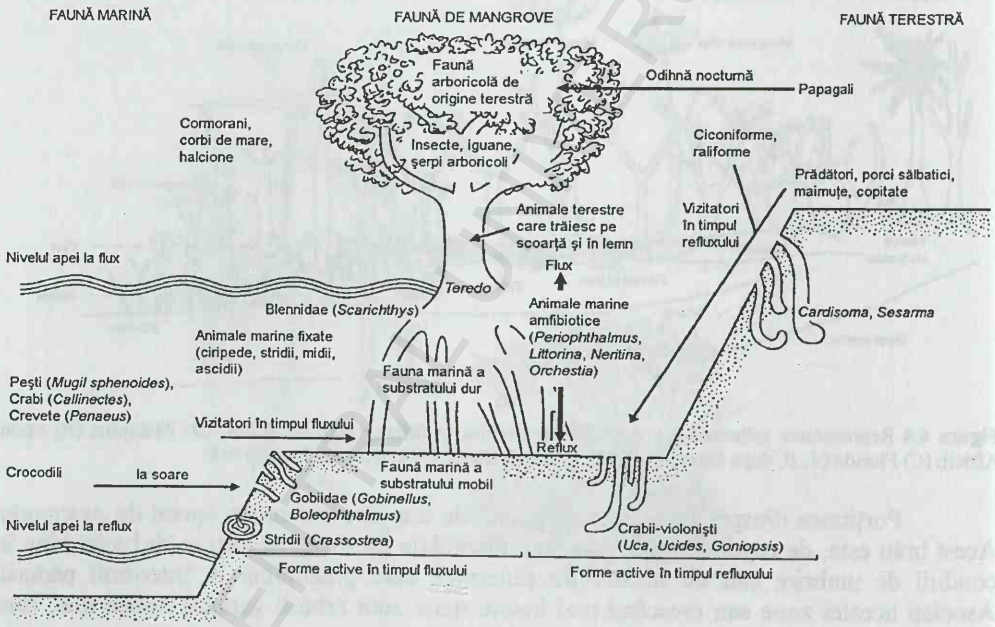


Figura 6.5 Reprezentare schematică a macrofaunei pădurii de mangrove arătând distribuţia verticală şi relaţiile ecologice (modificat după Friedrich, 1969, din Grzimek, 1988)

Organismele terestre se pare că nu prezintă adaptări speciale pentru viaţa în pădurile de mangrove. Acestea aparţin de fapt comunităţii pădurii tropicale umede şi pătrund în mangrove numai pentru a se hrăni. În coronamentul arborilor de mangrove sud-americane trăiesc iguane, iar în cele din insula Kalimantan vieţuieşte kahanul sau maimuţa cu nas (*Nasalis larvatus*), ambele hrănindu-se cu frunze. Florile multor arbori de mangrove sunt polenizate de albine. În Australia în preajma desişurilor manglierului *Aegiceras* sunt amenajate stupării mari. Liliecii contribuie la polenizarea florilor inodore de *Sonneratia*,

care se deschid numai la lăsarea întunericului. Furnicile folosesc frunzele arborilor de mangrove pentru construirea muşuroaielor şi se hrănesc cu afidele care sug seva din frunze. Diverse artropode terestre trăiesc pe sau sub scoarţa arborilor din mangrove sau în lemnul putred. Unii porumbei şi papagali folosesc desişurile de mangrove ca locuri sigure pentru culcuş. Păsările călătoare se adună aici pentru iernat; cormoranii, stârcii, ibisul roşu şi pescăruşii cuibăresc în mangrove. Cu puţine excepţii, aici se stabilesc speciile întâlnite de obicei în alte locuri pe malurile râurilor.

Organismele marine formează două comunităţi diferite: acelea care populează substratul dur, reprezentat de numeroasele rădăcini adventive ale manglierilor şi acelea care trăiesc pe mâl.

Comunitatea de organisme marine care populează trunchiurile şi rădăcinile proptitoare ale arborilor de mangrove este asemănătoare comunităţii vieţuitoarelor fundurilor stâncoase din alte zone. Pe rădăcinile manglierilor se fixează ciripedele (*Balanus amphitrite*), stridiile (*Isognomon alatus*, *Crassostrea cucullata*) şi ascidiile. Acestea se hrănesc numai cu plancton, deci numai în timpul fluxului. Aici vieţuiesc şi o serie de alge roşii caracteristice (*Bostrychia*, *Catenella*), întâlnite, în afară de aceasta, şi prin crăpăturile umbrite dintre pietre şi stânci. Mici nevertebrate, precum nematodele, copepodele şi larvele de ţânţari se ţin printre filamentele de alge, fiind astfel protejate de uscăciune. Lemnul manglierilor este găurit de viermele corăbiilor sau taret (*Teredo*) sau de izopodul *Sphaeroma terebrans*. Cu algele microscopice de pe trunchiurile şi rădăcinile umezite de apa marină se hrănesc melcii *Littorina* şi *Melampus*, care se ţin tot timpul ceva mai sus de nivelul apei şi se deplasează ba în sus, ba în jos urmărind în permanenţă nivelul mareei.

Crabii din familia Grapsidae, înrudiţi cu cei care populează ţărmurile marine stâncoase, se caţără pe rădăcinile adventive ale arborilor de mangrove. În manglierii ce cresc de-a lungul coastelor oceanelor Indian şi Pacific trăiesc crabii genului *Metapograpsus*, iar în cele sud-americane *Goniopsis*. Crabii de mangrove (*Aratus pisonii*) din mangrovele caraibiene şi braziliene în caz de pericol urcă pe cele mai subţiri ramuri ale copacilor, cu frunzele cărora se hrănesc parţial.

Pe fund nisipos se întâlnesc speciile psamofile, însă pentru mangrove mult mai caracteristice sunt sedimentele mâloase, unde se găsesc aceleaşi forme ca şi pe sedimentele moi ale ţărmurilor tropicale.

Majoritatea organismelor marine care trăiesc pe mâl se hrănesc cu particulele de detritus pe care le culeg de la suprafaţa mâlului. Ele se pot hrăni şi cu diatomeele edafice abundente; în plus, la fiecare flux pe mâl se depun organismele planctonice moarte. În mangrovele ţărmurilor oceanelor Pacific şi Indian suprafaţa mâloasă bogată în hrană este inspectată de guvizii marini ai genului *Boleophthalmus*, de crabii-fantomă din familia Ocypodidae (*Dotilla*, *Cleistostoma*) şi de numeroşi crabi-violonişti ai genului *Uca* (fig. 6.6). Crabii genului *Sesarma* consumă frunzele căzute.

Guvizii de mare iau în gură mâlul de la suprafaţă şi separă particulele comestibile de cele de mâl. La crabii-violonişti (genul *Uca*) această triere o realizează prima şi a doua pereche de apendici bucali special transformaţi. Unii perişori cu vârfurile în formă de lingură ţin granulele de sediment, în timp ce alţi perişori le curăţă de particulele alimentare, care împreună cu apa nimeresc în gură. După aceasta crabul face din mâlul eliberat de particulele alimentare un fel de cocoloaşe pe care le aruncă. La sfârşitul refluxului mâlul este presărat cu astfel de cocoloaşe, mărturie a faptului cât de eficienţi sunt aceşti crabi în prelucrarea mâlului. În mangrovele din Malaysia deseori se pot observa construcţiile din

argilă ale homarului de mâl (*Thalassina anomala*), rudă îndepărtată a crabului-sihastru. Galeriile săpate de acest crustaceu servesc drept refugii contra prădătorilor, ca locuri de înmulțire și pentru hrănire. Există crabi tereștri (familiile Gecarcinidae și Grapsidae), dintre care cei mai importanți sunt reprezentanții genului *Sesarma* (crabii scormonitori). Aceștia sunt în general omnivori, dar se hrănesc mai ales cu frunzele și lăstarii arborilor de mangrove. Toți acești crabi au în comun faptul că au devenit mai mult sau mai puțin independenți de mediul marin. Ca organisme cu adevărat marine, crabii respiră prin branhii. Mulți crabi de mangrove respiră prin branhii și pe uscat, având grijă ca atunci când sunt în afara apei cavitățile lor branhiale să fie întotdeauna pline cu apă. Pentru împrospătarea rezervei de oxigen crabii-violoniști trec în mod regulat prin cavitățile branhiale bule de aer. Crabii genului *Sesarma* din când în când eliberează de acolo apa viciată care se scurge prin anumite șănțulețe acoperite de perișori din corpul crabului, se îmbogățește cu oxigenul atmosferic și din nou este absorbită în cavitățile branhiale. De aceea din când în când crabii sunt nevoiți să completeze rezerva de apă din cavitățile branhiale. Pentru aceasta ei trebuie să se ascundă în galeriile lor, care sunt inundate de apa freatică. La crabul terestru caraibian *Cardisoma guanhumi* branhiile sunt reduse, iar pereții cavităților branhiale sunt transformați într-un fel de plămâni, capabili să extragă apa necesară din aerul umed. Acest crab, precum și crabul-roșu *Gigantinus lateralis* de pe țărmurile caraibiene, trebuie considerat mai degrabă drept organism terestru decât marin. Totuși dezvoltarea larvelor tuturor crabilor de mangrove are loc cu precădere în apă marină liberă. Și în cazul sipunculidului *Phascolosoma lurco* din mangrovele din Arhipelagul Indian, care s-a adaptat la viața terestră, respirând oxigen atmosferic, larvele se dezvoltă numai în apă.

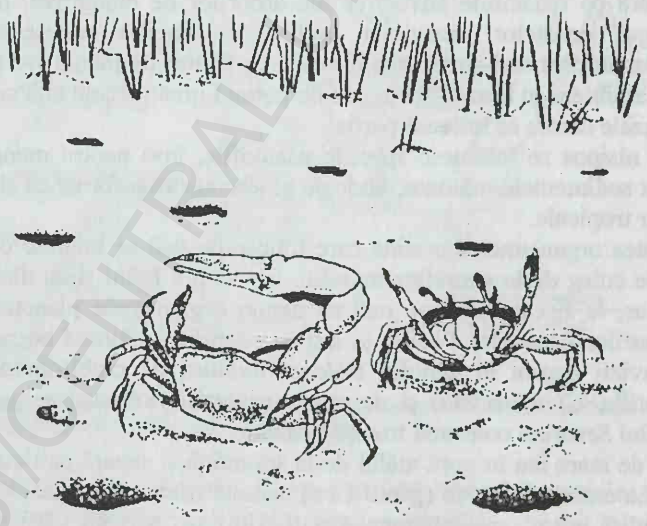


Figura 6.6 Crabii-violoniști aparținând genului *Uca* sunt ușor de remarcat pe suprafața mâlului. Numele acestor crabi se trage de la pensele mari asimetrice ale masculilor pe care aceștia le agită în aer în perioada nupțială (după Grzimek, 1988)

Și printre peștii de mangrove sunt unele forme relativ independente de apă, de exemplu genurile *Boleophthalmus* și *Scartelaos*. Aceștia saltă pe mâlul umed, iar în caz de

pericol şi la sfârşitul refluxului se îngroapă în mâl. La aceşti peşti respiraţia se face prin tegumentul bogat vascularizat care prezintă numeroase papile dispuse pe spate şi pe laturile corpului. Mult mai departe au mers speciile genului *Periophthalmus* (fig. 6.7). Aceşti peşti stau aproape tot timpul în afara apei. Când mangrovele sunt inundate de apă unele specii urcă pe trunchiurile sau pe rădăcinile adventive ale arborilor de mangrove. Când apa se retrage, aceşti peşti vânează ţânţari şi crabi. În timpul reproducerii aceşti peşti îşi fac în mâl cuiburi în formă de pâlnie, care ajung la apa interstiţială şi unde se dezvoltă puietul până în momentul când se vor adapta la mediul terestru.

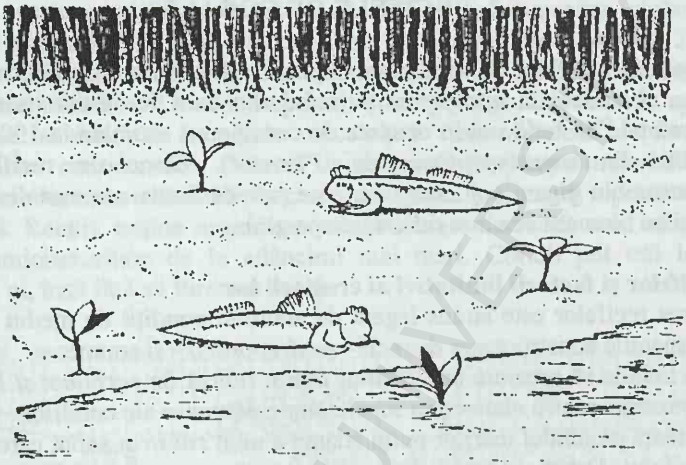


Figura 6.7 Peştii genului *Periophthalmus* vânând în timpul refluxului ţânţari şi crabi mici (după Grzimek, 1988)

În timpul refluxului sedimentele mâloase sunt locuri bune pentru hrănirea stârcilor şi altor păsări de apă. Aici vin să vâneze crabi maimuţele şi porcii sălbatici. În timpul fluxului, dimpotrivă, peştii sunt aceia care vânează crabii care nu au apucat să se ascundă la timp în galeriile lor sau care s-au îngropat prea aproape de suprafaţa mâlului. Şerpii marini pot vâna chiar şi crabii ascunşi adânc în galeriile lor.

În mangrovele Indo-Pacifice se găseşte chiar şi o specie filipineză de broască (*Rana cancrivora*) rezistentă la salinităţi ridicate, care se hrăneşte tot cu crabi. Mormolocii acestei broaşte suportă apa marină cu o concentraţie de săruri de 26‰, ceea ce este cu totul excepţional printre amfibieni. Aceste organisme sunt vânate la rândul lor de crocodili. Uneori şi omul pescuieşte peştii şi crevetele de aici.

De asemenea, nu trebuie uitată acţiunea omului, care determină reducerea suprafeţelor ocupate de pădurile de mangrove. Trunchiurile drepte de *Rhizophora* şi *Bruguiera* sunt preţuite în ţările arabe ca lemn de construcţii şi sunt exportate din Africa. În unele regiuni arborii de mangrove servesc drept materie primă pentru fabricile de hârtie şi pentru tăbăcării sau chiar ca lemn pentru foc. În unele zone mangrovele au căzut pradă tăierilor masive şi fie au dispărut de tot, fie au rămas numai rămăşiţe jalnice din fostele păduri. Se pare că cele mai mari daune au fost aduse pădurilor de mangrove în urma pulverizării erbicidelor în timpul războiului din Vietnam.

Biotopul mangrovelor joacă un rol important în înmulţirea unor specii de peşti şi crustacee care au o mare importanţă economică în zonele adiacente.

Pentru ecologi mangrovele prezintă un interes deosebit mai ales din punctul de vedere al amestecului eterogen al comunităților. Aici se reunesc locuitorii marini ai substraturilor dure și mobile, trunchiurilor și coroanelor arborilor pădurii tropicale. În plus, animalele de mangrove, aparținând unor linii evolutive diferite, au elaborat numeroase adaptări la existența temporară sau prelungită pe uscat, oferind răspunsuri asupra modului în care animalele au cucerit uscatul.

6.2. RECIFELE DE CORALI

Formațiunile recifelor de corali sunt depuneri calcaroase biogene, care se găsesc în mările tropicale, de obicei în apropierea țărmului sau care formează insule în mijlocul oceanelor. Suprafețele de fund marin ocupate de corali sunt estimate la 190 milioane km^2 (aproximativ 1% din suprafața Oceanului Planetar). Biocenoza recifelor coraliere alcătuiește un ansamblu gigantic și complex, care posedă fauna cea mai diversificată, cea mai abundentă și cu biomasa cea mai ridicată de pe glob.

Distribuția recifelor și factorii limitativi ai creșterii lor

Formarea recifelor este strâns legată de anumite condiții de mediu favorabile pe care le necesită speciile constructoare de recif - *madreporarii* - și anume:

1) Apă trebuie să prezinte un conținut foarte ridicat de *carbonat și bicarbonat de calciu dizolvat*, necesar pentru elaborarea scheletelor calcaroase ale coralilor.

2) Existența pe fundul mărilor puțin adânci a unui *substrat solid*, care să constituie fundamentul recifului. Drept un astfel de fundament servește substratul stâncos din roca-mamă care compune soclul continental, sedimentele marine consolidate, lava solidificată a vulcanilor submarini sau recifele de corali moarte. Ca temelii pentru creșterea coralilor pot servi chiar și epavele unor nave scufundate.

3) Dezvoltarea optimă a recifelor are loc în apele a căror *temperatură* medie anuală este cuprinsă între 23 și 25°C. Dacă temperatura apei scade pentru mai mult timp sub 18°C, coralii mor, așa cum se mai întâmplă în lunile de iarnă în nordul Mării Roșii. Temperaturile maxime pe care le pot tolera unele recife de corali ating 36-40°C.

4) Coralii, mai precis algele simbiotice ale acestora, și algele coraligene încrustante au nevoie de foarte multă *lumină*. De aceea coralii sunt deosebit de bogat dezvoltați în apele puțin adânci, bine iluminate.

5) Apă trebuie să fie foarte bogată în *oxigen dizolvat*. Cu cât curenții sunt mai puternici și cu cât conținutul de oxigen în apă este mai ridicat, cu atât reciful crește mai masiv. Oxigenul este necesar nu atât pentru respirația polipilor recifali, care este asigurat de către algele simbionte, ci pentru o mai bună dizolvare a carbonatului și bicarbonatului de calciu în apă.

6) Un rol important îl are și *salinitatea* apei. Coralii sunt organisme stenohaline ce pot trăi doar în ape cu salinități de 30-40‰, apa dulce omorându-i. Recifele de corali sunt absente în zonele în care salinitatea este diminuată datorită aportului fluvial, cum este coasta atlantică a Americii de Sud, unde fluviile Amazon și Orinoco varsă cantități uriașe de apă dulce.

7) Coralii au nevoie de o apă limpede, deoarece particulele de nisip sau de mâl care se depun pe ramurile de corali sufocă polipii sau pot favoriza dezvoltarea bacteriilor cauzatoare de boli. Suspensiile din apă (= *turbiditatea*) au un efect negativ şi prin faptul că diminuează cantitatea de lumină pătrunsă în apă. Iată de ce recifele de corali nu se întâlnesc în zonele în care în mare se varsă fluvii mari, care scot de pe continent cantităţi importante de suspensii sub formă de nisip fin şi mâl, cum ar fi, de exemplu, coastele Braziliei, Indiei şi Africii de Vest. Pentru contracararea efectelor negative ale suspensiilor, unii corali, în special cei masivi, pot produce mari cantităţi de mucus, care înglobează particulele de sediment şi care apoi este îndepărtat prin mişcările cililor.

Toate aceste condiţii enumerate sunt realizate pe suprafaţa globului pământesc numai în zona ecuatorială şi tropicală cuprinsă între latitudinile 32°N şi 27°S (fig. 6.8). Madreporarii nu găsesc lumină, oxigen şi căldură suficientă decât la suprafaţa apei, până la o adâncime de cel mult 30-40 m. Madreporarii nu se pot dezvolta decât în ape puţin adânci deoarece trăiesc în simbioză cu algele unicelulare - *zooxantelele*[92] - care se găsesc în ţesuturile celulelor endodermice. Punctul de compensaţie pentru majoritatea recifelor de corali pare să se situeze la adâncimea la care intensitatea luminoasă reprezintă 1-2% din cea de la suprafaţă. Relativ puţine organisme constructoare de recife s-au adaptat la viaţa în condiţii de semiobscuritate de la adâncimi mai mari. Coralii pot trăi la adâncimi de maximum 100 m, însă fără să formeze recife.

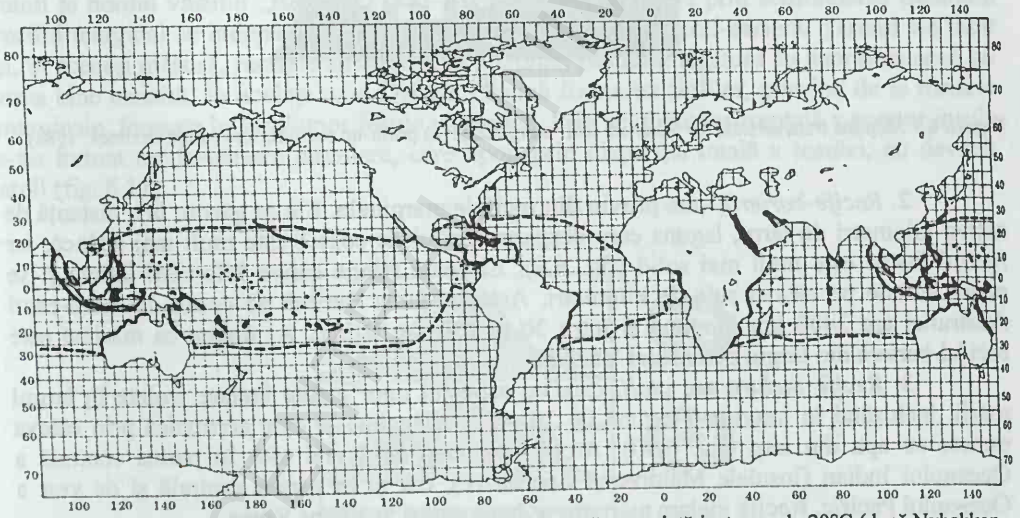


Figura 6.8 Răspândirea recifelor de corali în lume; linia întreruptă reprezintă izoterma de 20°C (după Nybakken, 1988)

Între latitudinile indicate mai înainte, recifele coraliere abundă cu deosebire în partea de vest a Oceanului Pacific, în Oceanul Indian şi Marea Roşie, precum şi în Marea Caraibilor. Există corali şi mai spre poli, însă fără să formeze recife.

[92] *zoon* (gr.) = animal; *xanthos* (gr.) = galben

Tipuri de recife şi originea lor

După forma şi dispoziţia lor se deosebesc trei tipuri de recife coraliere:

1. *Recife marginale*, numite şi *recife litorale* sau *recife franjante*, care se întind de-a lungul ţărmului şi sunt separate de acesta printr-o fâşie îngustă de apă cu fund nisipos, denumită *lagună* (fig. 6.9). Această zonă cu fund nisipos poate atinge o lăţime de câteva sute de metri, dar frecvent este mult mai îngustă, iar adâncimea rareori depăşeşte 30 m. Lăţimea recifului în cea mai mare parte este sub 50 m. În timpul refluxului aceste recife sunt exondate în cea mai mare parte. Recifele marginale se întâlnesc, de exemplu, de-a lungul coastelor israeliene şi egiptene ale Mării Roşii sau în Florida Keys.

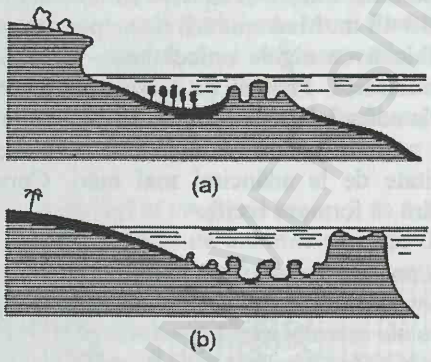


Figura 6.9 Secţiune transversală: (a) printr-un recif marginal şi (b) printr-un recif-barieră (după Grzimek, 1988)

2. *Recife-barieră*, care provin din recifele marginale. Ele se găsesc la o distanţă de câţiva kilometri de ţărm; laguna care desparte reciful de coastă este mult mai adâncă, iar reciful însuşi este mult mai solid (fig. 6.9). El poate atinge câţiva kilometri lăţime şi se poate întinde pe câteva sute de kilometri. Astfel, Marea Barieră de corali din nord-estul Australiei are 2400 km lungime şi între 30 şi 150 km lăţime. Al doilea ca mărime este reciful-barieră din largul peninsulei Yucatan.

3. *Recife inelare* sau *atoli*, care au aspectul unor insule inelare izolate în largul mării, închizând în interior o lagună de 30-60 m adâncime şi care comunică prin câteva puncte cu apa din larg (fig. 6.10). Atolii sunt răspândiţi mai ales în partea centrală a Oceanului Indian (insulele Maldive şi Laccadive), dar şi în partea centrală şi de vest a Oceanului Pacific. Recife inelare mărunte se întâlnesc şi în Marea Roşie.

Modul de formare a recifelor marginale se explică relativ uşor. Organismele constructoare ale recifului populează substratul dur de la mică adâncime, la care se pot dezvolta madreporarii, şi datorită creşterii lor continue înalţă peretele recifului. Mult mai dificilă însă este problema modului de formare a recifelor-barieră şi atolilor care au baza, deci punctul de plecare a formării lor, mai jos de 40-100 m, unde madreporarii nu se pot dezvolta. Pentru a lămuri această problemă s-au emis mai multe teorii.

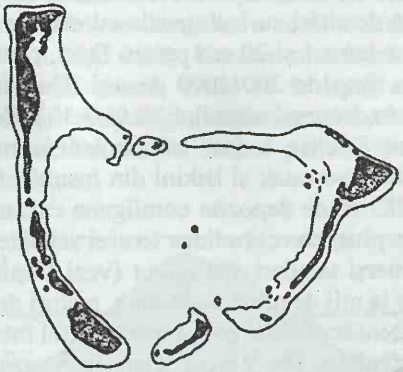


Figura 6.10 Atolul Addu, cel mai sudic din grupul insulelor Maldive din Oceanul Indian; cu negru sunt indicate insulițele recifului (după Grzimek, 1988)

Teoria clasică a apariției acestor recife – *teoria subsidenței* sau *compensației* – aparține lui Charles Darwin, care a studiat recifele de corali în timpul călătoriei sale în jurul lumii la bordul vasului „Beagle" (1881-1836). El consideră că prin scufundarea uscatului reciful marginal se îndepărta treptat de țărm devenind astfel recif-barieră. Țărmul s-a lăsat și, în aceeași măsură, recifele au crescut în înălțime, păstrând legătura cu suprafața apei, cu zona bine aerisită. În același mod Darwin explică formarea atolilor, pornind de la recifele marginale, formate în jurul unor insule vulcanice. Prin scufundarea treptată a acestor insule s-au format recife-bariere circulare, care apoi, prin dispariția totală a insulei, au devenit atoli (fig. 6.11).

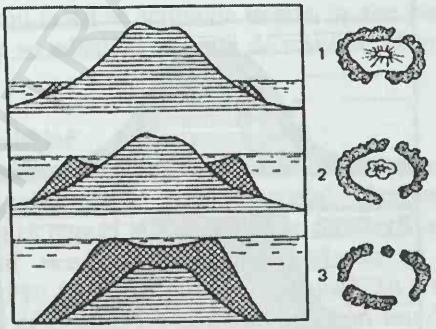


Figura 6.11 Modul de formare a atolilor în conformitate cu teoria scufundării a lui Darwin (vezi explicația în text) (după Grzimek, 1988)

În partea centrală, unde apele sunt mai calme, iar rata de sedimentare este mai mare, creşterea coralilor era încetinită, astfel că aici se forma o lagună. Încetineala cu care se scufundă ţărmul concordă de altfel cu încetineala cu care se ridică recifele. Coloniile de madreporari cresc în înălţime între 1 şi 20 cm pe an. Deci, pentru a atinge înălţimea de 40 m, unui recif i-ar trebui un timp de 200-4000 de ani. Darwin a calculat că majoritatea recifelor actuale s-au format în decursul ultimilor 20.000-30.000 de ani.

Justeţea ipotezei lui Darwin a fost confirmată în urma forajelor efectuate de cercetătorii americani în atolul Enewatak şi Bikini din insulele Marshall (Oceanul Pacific), când s-a constatat că sub 1283 m de depozite coraligene calcaroase se află un fundament alcătuit din roci vulcanice. În plus, corectitudinea teoriei subsidenţei a fost întărită odată cu descoperirea vulcanilor submerşi tabulari sau guyot (vezi Capitolul 1), care prezentau pe vârfurile lor, aflate în prezent la mii de metri adâncime, resturi de corali caracteristici apelor puţin adânci. Aceşti vulcani s-au scufundat prea repede astfel încât coralii nu au reuşit să se menţină în zona propice dezvoltării lor. Totuşi, Darwin a greşit presupunând că absolut toate recifele reprezintă stadii de subsidenţă care vor duce în final la formarea atolilor.

Opusul teoriei subsidenţei este *teoria ridicării*, conform căreia de pe fundul marin se ridică pe alocuri conuri vulcanice şi creste muntoase. Acestea sunt înălţate suplimentar de depunerile sedimentare (căsuţele de foraminifere, cochilii de moluşte, schelete de recife de adânc) şi care se ridică până la adâncimea convenabilă formării recifelor coraliere (fig. 6.12).

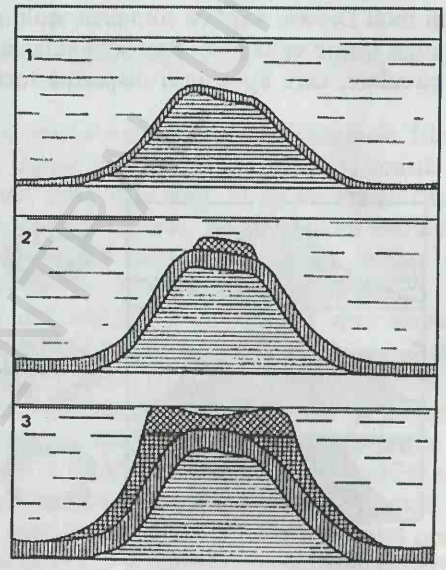


Figura 6.12 Modul de formare a atolilor în conformitate cu teoria ridicării (după Grzimek, 1988)

Conform celui de-al treilea punct de vedere, fundul marin sau insulele nu se scufundau şi nu se ridicau, ci aveau loc oscilaţii lente ale nivelului mării pe verticală. Astfel, la o scădere a nivelului mării se dezgolea o zonă recifală largă şi se creau condiţii pentru formarea unor recife noi (fig. 6.13). Urcarea ulterioară a nivelului mării ducea la creşterea intensă a recifelor vechi şi noi, astfel că în locul recifelor marginale apăreau recife-barieră sau chiar atoli. În timpul glaciaţiunilor pleistocene nivelul mării era mai scăzut cu 200 m faţă de cel actual, iar în timpul perioadelor interglaciare nivelul apei depăşea pe cel actual cu peste 50 m.

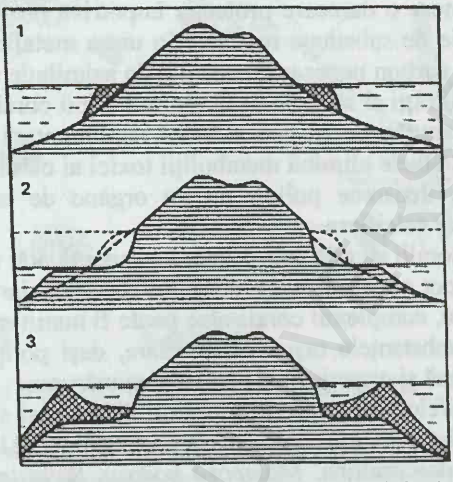


Figura 6.13 Modul de formare a atolilor în conformitate cu teoria ridicării şi coborârii nivelului mării în perioada glaciară (după Grzimek, 1988)

Mulţi cercetători ai recifelor de corali reunesc cele trei teorii. După părerea lor în unele părţi ale globului ţărmul mării se scufunda treptat, în alte părţi el se ridica treptat; la aceste mişcări epirogenetice se adăugau oscilaţii de nivel de natură eustatică, determinate de modificările climatului.

Structura şi compoziţia recifelor

În constituirea recifului de corali rolul cel mai important îl joacă scheletele madreporarilor (ordinul Madreporaria = Scleractinia). Acestea, datorită depunerilor stratificate de calcar, formează ramuri şi tufe cu forme caracteristice fiecărei specii. În linii generale, deosebim *colonii masive* şi *colonii ramificate*, cu toată gama de forme intermediare. Coralii masivi au formă de movile neregulate, au creştere înceată, de circa 1 cm/an. Coloniile ramificate de corali sunt în formă de arbori sau de coarne de elan şi au o creştere de până la 10 cm/an. Fiecare colonie de corali îşi are începutul într-o larvă planctonică (*planula*), care s-a fixat de substrat şi care în timp dă naştere prin înmugurire unei colonii de polipi, fiecare polip măsurând doar câţiva milimetri. Aceştia sunt strâns legaţi între ei şi împreună construiesc blocul coralier. Uneori furtunile puternice pot rupe coralii ramificaţi, însă fragmentele sunt capabile să dea naştere unor noi colonii.

Coralii care cresc în zonele bine iluminate ale apelor puțin adânci au de obicei o anumită culoare. Aici predomină culorile verzi și maronii, deși uneori pot apărea culorile pastelate ale tentelor de albastru-deschis sau roșu. Această culoare a coloniilor de corali este dată de către zooxantele sau de pigmenții meniți să absoarbă radiațiile UV nocive. Coralii care trăiesc în simbioză cu aceste alge microscopice și care contribuie cel mai mult la edificarea recifelor se numesc *corali hermatipici*. Creșterea recifelor se realizează numai în partea superioară, populată de coloniile polipilor constructori de recif. Mai jos se găsesc doar scheletele lor părăsite.

Între zooxantele și coralii hermatipici există legături strânse, avantajoase pentru ambele părți. Algele primesc o oarecare protecție împotriva protozoarelor care se hrănesc cu ele și utilizează o serie de substanțe rezultate în urma metabolismului gazdei. Acestea sunt mai ales bioxidul de carbon necesar procesului de asimilație clorofiliană, apoi sărurile anorganice ca fosfații și nitrații și sărurile de amoniu. Polipii coralieri, dimpotrivă, primesc din partea algelor mari cantități de oxigen și hrană suplimentară sub formă de hidrați de carbon sintetizați. În plus, algele elimină metaboliții toxici ai coralilor, protejându-i în felul acesta de autointoxicare, deoarece polipii nu au organe de excreție. În final, algele simbiotice amplifică rata de calcifiere.

Zooxantelele și coralii se află într-o interdependență atât de puternică unii față de ceilalți, încât primele nu pot exista în afara corpului coralilor, iar ultimii sunt oprimați și chiar pot muri. În principiu, complexul corali-alge poate fi numit *autotrof*, adică în stare să producă de sine-stătător substanțele organice necesare, deși polipii coralieri folosesc de asemenea în calitate de hrană și organismele planctonice mărunte.

La edificarea recifelor participă, în proporții diferite, și scheletele calcaroase ale gorgonarilor (ordinul Gorgonacea), alcionarilor (ordinul Alcyonacea, *Heliopora*), hidrocoralilor (ordinul Hydrocorallina, *Millepora nodosa*, *Stylaster*), cochiliile bivalvelor gigantice (*Tridacna*, *Hippopus*) și, într-o măsură mai mică, ale gasteropodelor, scheletele echinodermelor, tuburile polichetelor serpulide, căsuțele foraminiferelor (*Polytrema*), spiculii spongierilor (Sclerospongia) și scheletele peștilor (fig. 6.14). Există chiar unele alge calcaroase roșii încrustante ca *Lithothamnion*, *Lithophyllum*, *Porolithon*, care acumulează carbonatul de calciu în membranele lor celulare. Aceste alge încrustante, prin ocuparea lacunelor și interstițiilor, ajută la consolidarea formațiunilor coraliere propriu-zise. Drept urmare, la suprafața recifului se formează o crustă stratificată groasă, care mărește considerabil rezistența recifului contra forței destructive a valurilor. Algele încrustante se situează pe al doilea loc după corali în ceea ce privește cantitatea de carbonat de calciu secretat. Dintre algele verzi neîncrustante care secretă carbonatul de calciu face parte genul *Halimeda*. Cea mai mare parte din nisipul din recifele de corali se formează prin sfărâmarea talului erect al acestei alge.

Reciful de corali nu este o formațiune omogenă, ci un complex de habitate dintre cele mai diverse. Astfel, aici se găsesc atât suprafețe cu substrat dur pe care se fixează organismele sesile, cât și suprafețe acoperite de nisip; atât zone supuse acțiunii unor valuri și curenți puternici, cât și zone cu ape foarte calme; atât porțiuni acoperite de alge calcaroase verzi (*Halimeda*), cât și pajiști submerse cu iarbă de mare; atât zone puțin adânci, cât și ape cu adâncimi mari. Toate aceste tipuri de habitate diferite se regăsesc pe arii relativ restrânse. De aceea, una dintre cauzele care determină diversitatea extraordinară a vieții din recifele de corali este marea diversitate de habitate.

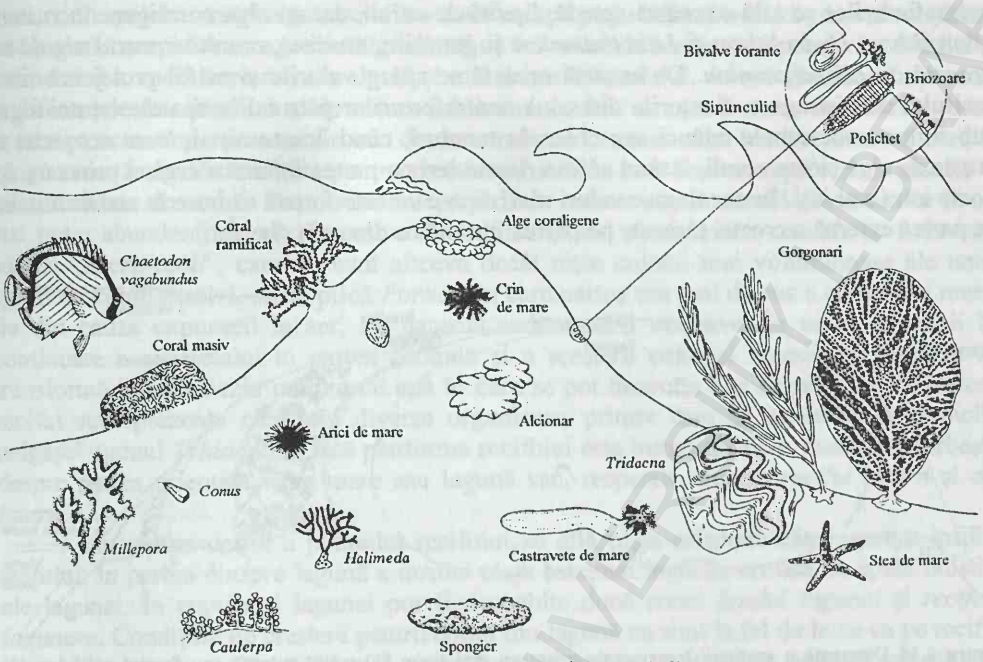


Figura 6.14 Reprezentanți tipici ai unui recif de corali (după Nybakken, 1988)

Dintre factorii de mediu care determină zonarea recifelor de corali, cei mai importanți sunt gradienții în dinamica apei (valuri, curenți) și în penetrabilitatea luminii (adâncime, turbiditate). Când aceștia sunt combinați cu diferite interacțiuni biologice (competiție, prădătorism, păşunat) rezultă diferite modele de zonare. Zonarea la scară largă este în general rezultatul factorilor de mediu, în timp ce zonarea locală este rezultatul interacțiunilor biologice.

Dezvoltarea recifelor și zonarea atolilor sunt puternic influențate de acțiunea valurilor, rezultanta vânturilor predominante, și, deși aceștia sunt în esență circulari, o secțiune transversală prin atol arată o zonare diferită în funcție de recife, dacă sunt supuse acțiunii vânturilor și a valurilor sau se află la adăpost de acestea (fig. 6.15).

Partea externă a recifului de corali, expusă acțiunii vânturilor predominante (în vânt), se numește *panta externă a recifului* sau *frontul recifului*, unde coralii vii încep să devină abundenți de la aproximativ 50 m adâncime. Coralii de aici sunt puțini la număr și adesea foarte delicați. La aproximativ 15 m adâncime frontul recifului prezintă o *terasă* în panta de altfel foarte abruptă. Între terasă și suprafața apei coralii au o creștere luxuriantă, aceasta fiind și zona unde acțiunea valurilor este foarte severă. La suprafața apei se află *marginea recifului*, care se caracterizează prin dezvoltarea unor *pinteni* sau *contraforturi* din corali și alge, care se întinde între zona de spargere a valurilor și coboară până la nivelul terasei. Acești pinteni sau contraforturi alternează neregulat cu brazde adânci sau *șanțuri* (fig. 6.16). Pe aceste brazde spălate de resac apa marină pătrunde în recif și se reîntoarce în mare. Pe părțile laterale ale șanțurilor sau canalelor și chiar pe pinteni cresc coralii constructori ai recifului dominanți, ca de exemplu *Acropora palmata* și *Millepora alcicornis*, fiind zona unde coralii cresc cel mai intens. Imediat în spatele zonei

contraforturilor se află o creastă netedă, lipsită de corali, dar cu alge coraligene încrustante (*Porolithon, Hydrolithon* şi *Lithothamnion* şi genurile înrudite), numită *creasta algală* sau *creastă cu Lithothamnion.* De această creastă se sparg valurile şi astfel protejează restul recifului de distrugere. Şanţurile din zona contraforturilor pătrund în spatele crestei algale sub forma unor canale adânci sau chiar de tuneluri, când aceste canale sunt acoperite de cruste de alge şi/sau corali, lăsând câteva deschideri pe partea internă a crestei prin care apa poate intra sau ieşi. În cazul unor valuri mari, apa care este forţată să intre în aceste tuneluri pe partea externă a crestei ţâşneşte pe partea internă ca dintr-un gheizer.

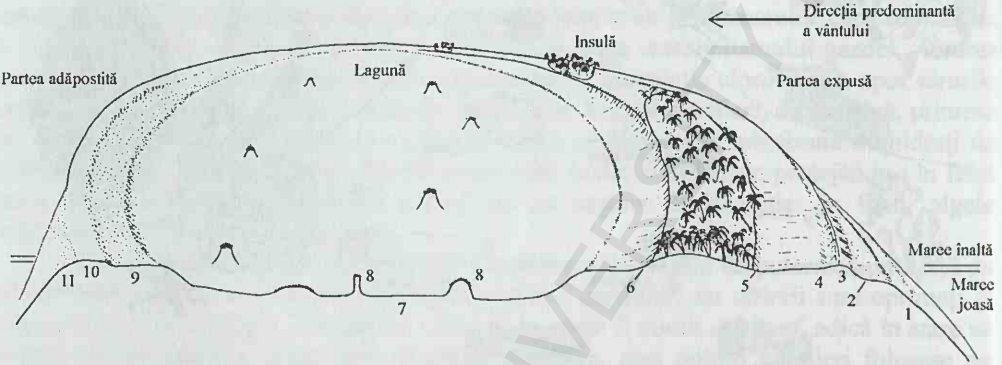


Figura 6.15 Diagramă a secţiunii transversale printr-un atol tipic: (1) panta externă sau frontul recifului; (2) marginea recifului cu pinteni şi şanţuri; (3) creasta algală; (4) platoul recifului; (5) plaja dinspre mare a insulei; (6) plaja dinspre lagună a insulei; (7) fundul lagunei; (8) recifele lagunare; (9) platoul recifului din partea adăpostită a atolului; (10) marginea recifului din partea adăpostită; (11) panta recifului (după Yonge, 1963, din Nybakken, 1988)

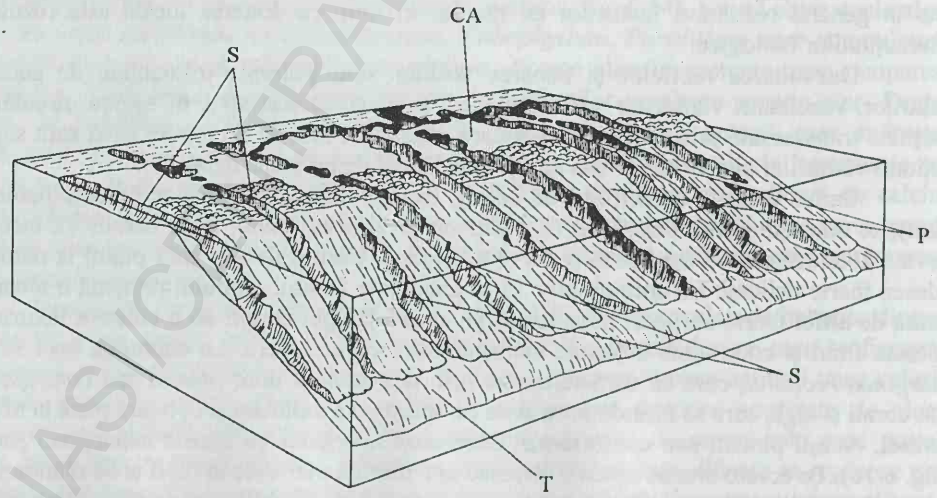


Figura 6.16 Reprezentare schematică a marginii recifului în zona expusă acţiunii vântului predominant: *CA*, creastă algală; *P*, pinteni sau contraforturi; *S*, şanţuri; *T*, terasa de 18 m (după Yonge, 1963, din Nybakken, 1988)

În spatele crestei algale se află o zonă cu apă puțin adâncă numită *platoul recifului.* Este o zonă complexă care prezintă gradienți ai factorilor de mediu (temperatură, turbiditate și dinamică a apei) între creasta algală și malul insulei atolului. Acești gradienți împreună cu diferențele de adâncime și de natura substratului oferă un număr mare de habitate, ceea ce face ca această porțiune să fie una dintre zonele cu cea mai mare biodiversitate din recif. Lângă creasta algală condițiile pentru creșterea coralilor sunt foarte propice și se găsește o mare varietate de corali. Pe măsura îndepărtării de creasta algală coralii devin din ce în ce mai puțin abundenți. În părțile mai adânci din mijlocul platformelor recifale se formează adesea „*micro-atoli*", care nu sunt altceva decât niște colonii mai voluminoase ale unor specii de corali masivi, ca de pildă *Porites*, în care partea cea mai de sus a coloniei a murit fie din cauza expunerii la aer, fie datorită sedimentării excesive. În urma eroziunii în continuare a scheletului în partea centrală și a creșterii coloniei la margini, aceasta se transformă într-un bazin umplut cu apă în care se pot dezvolta alte organisme. Pe platoul recifal sunt prezente cele mai diverse organisme, printre care se întâlnesc și „scoicile ucigașe" (genul *Tridacna*). Dacă platforma recifului este întreruptă de o insulă, se vorbește despre partea orientată către mare sau lagună sau, respectiv, despre *reciful extern* și cel *intern.*

În partea opusă a platoului recifului se află plaja orientată către mare a insulei atolului. În partea dinspre lagună a insulei plaja este mai îngustă, urmată de apele liniștite ale lagunei. În cuprinsul lagunei pot fi deosebite două zone: *fundul lagunei* și *recifele lagunare.* Condițiile de creștere pentru corali din lagună nu sunt la fel de bune ca pe reciful extern din cauza sedimentării mai accentuate ca urmare a atenuării acțiunii valurilor și curenților. De aceea, creșterea coralilor din lagună este limitată la zonele unde condițiile sunt mai propice, ducând la distribuția în petice a recifelor lagunare, lăsând mari suprafețe ale fundului lagunei libere de corali. Sedimentarea duce la acumularea în lagună a nisipului și poate prezenta pâlcuri de iarbă de mare (*Thalassia*, *Cymodocea*) sau de alge verzi (*Caulerpa*, *Halimeda*). Dintre animalele dominante în lagună menționăm specii de arici de mare, castraveți de mare și gorgonari.

În partea ferită de vânt a lagunei (sub vânt) se află un alt platou recifal care este în general mult mai îngust decât cel din partea expusă la vânt și separat de recifele lagunare printr-o zonă bolovănoasă lipsită de corali sau cu o creștere slabă a coralilor, dominată de colonii izolate de *Porites*. Partea orientată spre mare a acestui platou este similară cu cea din partea expusă la vânt. La marginea recifului din partea adăpostită de vânt creasta algală este de regulă slab dezvoltată sau chiar absentă și nu prezintă brazde și contraforturi. Între marginea recifului ferită de vânt și până la o adâncime de 15-20 m coralii sunt bine dezvoltați și diverși, fiind dominați de brațele ramificate de *Acropora cervicornis*, de alcionari, *Diploria* și *Montastrea annularis*. În plus, față de coralii masivi prezenți pe partea expusă valurilor a marginii recifului, aici se găsesc numeroase specii ramificate, datorită absenței acțiunii violente a valurilor. Dedesubtul acesteia, panta recifului este similară cu cea din partea expusă vântului.

Peștii recifelor de corali

Practic este imposibil să ne imaginăm un recif de corali lipsit de miriadele de pești pestriț colorați care se mișcă grațios printre ramurile coralilor. Într-adevăr, peștii sunt cu siguranță cele mai abundente și mai pregnante organisme întâlnite în recifele de corali. Cert

este şi faptul că peştii coralieri au o contribuţie deosebit de importantă în funcţionarea ecosistemului recifal.

Bogăţia specifică a peştilor din recife este de-a dreptul uimitoare. Unul dintre motive ar fi marea varietate de habitate care există în recife. Totuşi, marea varietate de habitate nu poate explica în întregime cum pot coexista atât de multe specii de peşti pe spaţii restrânse. În acest sens, există trei teorii care încearcă să explice diversitatea speciilor coraliere şi structura comunităţilor lor. Unii consideră că acest lucru este posibil datorită unei specializări profunde, fiecare specie avându-şi nişa sa ecologică. Un alt punct de vedere, opus, consideră că peştii, dimpotrivă, nu sunt specializaţi şi că între specii există o competiţie acerbă. Cei mai mulţi peşti coralieri produc un număr mare de alevini care sunt răspândiţi în plancton. Succesul local şi persistenţa depind de şansa alevinilor planctonici ai unei specii de a ocupa spaţiul vacant. Al treilea punct de vedere este acela că populaţiile de peşti nu ajung niciodată la echilibru. Prădarea, evenimentele catastrofice şi şansa de reproducere fac ca populaţiile de peşti să fie ţinute sub efectivele numerice la care resursele de hrană ar deveni un factor limitativ, în felul acesta prevenind excluderea competitivă a speciilor.

În recifele de corali există diferenţe între compoziţia peştilor pe timp de zi şi pe timp de noapte (de exemplu, Pomacentridele sunt înlocuite de Apogonidae). Faptul că unele specii nocturne sunt similare din punct de vedere ecologic cu anumite specii diurne, reprezintă o altă modalitate care permite convieţuirea unui număr mare de peşti pe aceleaşi arii fără a intra în competiţie. Un număr mare de peşti ai recifelor de corali se caracterizează printr-un comportament teritorial.

Cei mai mulţi peşti coralieri sunt carnivori (50-70% dintre specii). Majoritatea acestora nu sunt strict specializaţi în consumul unui anumit fel de hrană, ci se hrănesc cu orice le este accesibil, dar există şi câţiva carnivori foarte specializaţi. Următoarea categorie trofică de peşti este reprezentată de speciile erbivore (cca 15% dintre specii), dintre care cele mai importante sunt familiile Scaridae (peştii-papagal) şi Acanthuridae (peştii-chirurg). Restul peştilor sunt consideraţi ca fiind omnivori şi cuprind reprezentanţi din aproape toate familiile de peşti recifali (Pomacentridae, Chaetodontidae, Pomacanthidae, Monocanthidae, Ostraciontidae, Tetraodontidae). Doar puţine specii de peşti sunt planctonofage, reprezentate de mici specii de cârd aparţinând familiilor Pomacentridae (peştii-clovn), Clupeidae şi Atherinidae.

O chestiune interesantă este de ce peştii coralieri sunt atât de viu coloraţi, ştiut fiind faptul că presiunea din partea prădătorilor este foarte mare. Deocamdată nu există un consens printre biologi, dar este posibil că cromatica sau caracteristicile desenului îndeplinesc mai multe funcţii. Una dintre aceste funcţii a culorilor stridente este de a avertiza eventualii prădători că specia este toxică sau necomestibilă (*culoare de avertizare*). Culorile vii ar putea servi şi pentru recunoaşterea speciilor. De asemenea, aceste culori pot servi pentru camuflare, fie prin contopirea conturului peştelui cu fondalul sau făcând ca acesta să fie luat drept altceva (*culoare de dezagregare*).

Peştii recifali prin activitatea de păşunat prezintă importanţă în determinarea zonării diferitor părţi ale recifului, deoarece controlează populaţiile de alge astfel încât acestea să nu predomine asupra coralilor. În acelaşi timp, hrănirea cu polipii coralieri determină eliminarea unor specii de corali din anumite porţiuni ale recifului, care de asemenea contribuie la zonarea recifelor. În plus, consumul coralilor duce la procesul de bioeroziune şi de formare a nisipului biogen. Numărul mare de specii de peşti răpitori

exercită o enormă presiune de prădare asupra tuturor organismelor din recif, motiv pentru care cele mai multe nevertebrate cu corpul moale stau ascunse la adăpostul coralilor sau îşi dezvoltă diferite mecanisme pasive de apărare.

Criptofauna recifelor de corali şi bioeroziunea

Prin *criptofaună*[93] *recifală* se înţelege totalitatea organismelor care forează în calcarul biogen, care trăiesc în găurile, crăpăturile şi fisurile scheletelor calcaroase ale coralilor sau care ocupă spaţiile de sub coralii masivi. În cadrul criptofaunei distingem specii care sapă efectiv galerii în scheletul coloniilor de corali şi specii care ocupă spaţiile rămase libere, aşa-zişii „oportunişti". Printre speciile forante se numără spongierii (*Cliona*), bivalvele (*Leptoconcha*, *Lithodomus* şi *Lithophaga*), sipunculidele şi polichetele, unii balanuşi şi echinoderme. Formele oportuniste au reprezentanţi din majoritatea încrengăturilor de nevertebrate, cele mai comune fiind speciile de turbelariate, polichete, foraminifere şi crustacee. Organismele coloniale ale criptofaunei (spongieri, briozoare, ascidii) domină feţele inferioare, surplombele şi cavităţile coloniilor de corali. Abilitatea lor de a se reproduce asexuat şi de a acoperi speciile concurente în lupta pentru spaţiu le conferă avantaje competitive în aceste locuri.

Cele mai multe forme ale criptofaunei se hrănesc cu detritusul organic prins în mucusul secretat de corali şi eliminat în afara coloniilor acestora. Criptofauna recifală are un rol important în funcţionarea ecosistemului prin consumul unor mari cantităţi de mucus secretat de corali şi prin reciclarea materiilor organice şi nutrienţilor prinşi în mucus. Organismele criptofaunei servesc drept sursă de hrană importantă pentru diferiţi prădători, cum sunt peştii holocentrizi sau gasteropode ale genului *Conus*.

Din cauză că multe specii de nevertebrate sfredelesc scheletele coralilor, criptofauna are un rol însemnat şi în procesul de *bioeroziune* a recifelor de corali. De exemplu, peştii-papagal (*Callyodon*, *Scarus* şi *Pseudoscarus*), *Tetraodon* şi peştele-arici (*Dendrochinus zebra*) rup bucăţi din corali cu ajutorul fălcilor puternice. Aricii de mare măresc găurile şi forează la baza coloniilor de corali. În urma acestui proces de bioeroziune se formează mari depozite de nisip coraligen.

Recifele Indo-Pacifice şi recifele Atlantice

În ceea ce priveşte fauna ce populează recifele de corali există diferenţe între recifele din Atlantic şi cele Indo-Pacifice. Astfel, în recifele din zona Indo-Pacifică au fost inventariate 80 de genuri cu 700 specii de corali, aproximativ 5000 specii de moluşte şi 2000 specii de peşti, în timp ce în recifele din Oceanul Atlantic au fost semnalate numai 36 de genuri cu 62 de specii de corali, 1200 de moluşte şi 600 specii de peşti. Genul constructor de recife dominant din ambele zone este *Acropora*, care are 200 de specii în Indo-Pacific în contrast cu numai trei în recifele Atlantice. Alte genuri constructoare de recif din Oceanul Pacific ca *Pocillopora*, *Pavona* sau *Goniopora* sunt absente în Atlantic. De asemenea, recifele din Atlantic au un număr mare de gorgonacee, în timp ce acestea sunt mai slab reprezentate în recifele Indo-Pacifice. Recifele Indo-Pacifice prezintă un număr mare de alcionari ca *Sarcophyton* şi *Lobophyton*, în schimb acestea sunt rare în Atlantic. În recifele din Atlantic, de asemenea, lipsesc scoicile-gigant (*Tridacna*, *Hippopus*) şi octocoralierii *Heliopora* şi *Tubipora*.

---

[93] *kryptós* (gr.) = ascuns; *Fauna* = zeiţa pădurilor şi câmpiilor, protectoarea animalelor în mitologia romană

Dominanța este diferită și ea în cele două regiuni. Recifele Atlantice sunt dominate de *Acropora palmata* și *Millepora complanata*, dar nici o specie de *Millepora* nu este dominantă în recifele Indo-Pacifice. Bioritmurile sunt și ele diferite, astfel că majoritatea coralilor din Atlantic sunt nocturni, iar în Pacific există multe specii diurne ca *Porites*, *Goniopora* și *Favia*.

Interacțiunile biologice dintre specii și ecologia recifului

Când vorbim de recife, nu trebuie să ne gândim numai la marile depozite calcaroase pe care le constituie, ci mai ales la viața care se desfășoară în aceste recife și mai ales la interacțiunile biologice care se stabilesc între diferitele specii.

Planctonul indigen al recifelor de corali, compus în primul rând din meroplancton demersal, ziua stă în apropierea fundului și urcă în apele de deasupra recifului numai în amurg. Așa se explică de ce cei mai mulți corali sunt inactivi ziua, desfăcându-și tentaculele pentru a se hrăni numai în timpul nopții, când planctonul intră în zona de acțiune a coralilor.

Competiția. În recifele de corali coexistă un număr mare de specii, iar spațiul este adeseori limitat. De aceea, un număr mare de specii coloniale luptă pentru spațiu și lumină prin acoperire, umbrire și interacțiuni agresive. Multe specii se propagă prin creșterea deasupra speciilor învecinate. Deoarece coloniile erecte, ramificate cresc mult mai repede decât coralii încrustanți și cei masivi, acestea adesea se întind de asupra formelor încrustante, împiedicându-le accesul la lumină și în felul acesta reducându-le rata de creștere. Atunci cum se face că speciile de corali cu creștere înceată reușesc să persiste?

S-a constatat că speciile de corali cu creștere înceată își pot extinde filamentele din cavitatea gastrovasculară și digeră țesuturile vii ale coloniilor învecinate aparținând altor specii. În felul acesta speciile masive de corali pot preveni umbrirea lor de către speciile ramificate. Totuși, speciile cu creștere rapidă pot evita lupta „corp la corp" cu cele cu creștere înceată, mai agresive prin prezența unor „tentacule măturătoare", care sunt purtate de curenții de apă și astfel pot distruge de la distanță speciile cu creștere înceată.

De regulă, speciile cu creștere înceată sunt mai tolerante la umbrire și din acest motiv cresc la adâncimi mai mari, unde competiția redusă le permite supraviețuirea. Acest fapt duce la creșterea diversității la adâncimi mai mari. Ierarhia competitivă complicată care prevalează în coloniile de corali și modificarea ei odată cu creșterea adâncimii reprezintă unul dintre mecanismele care asigură diversitatea coralilor și modul de zonare.

Unul dintre efectele competiției acerbe pentru spațiu din recife este tendința diferitor organisme de a utiliza același spațiu în strânsă asociere. De altfel, relațiile de comensalism sunt mult mai obișnuite în recifele de corali decât în orice alt tip de ecosistem.

Păşunatul. Diferitele alge mici se află în competiție pentru spațiu și lumină cu speciile de corali. Algele au o creștere rapidă, ceea ce le conferă certe avantaje competitive asupra coralilor. Totuși, prezența numeroaselor specii de pești și nevertebrate erbivore, în special echinide, preîntâmpină eliminarea competitivă a coralilor. Multe familii de pești, ca de exemplu Siganidae și Pomacentridae, conțin specii erbivore. Erbivori sunt și peștii-papagal (Scaridae) și peștii-chirurg (Acanthuridae) care răzuiesc algele de pe suprafața rocilor coraligene. Ariciul de mare *Diadema antillarum* este foarte eficient în controlul algelor, care altfel ar invada recifele de corali. La începutul anilor '80 o boală a devastat populațiile acestei specii în Marea Caraibilor, ceea ce a dus la dezvoltarea extraordinară a algelor în părțile puțin adânci ale recifului, unde aricii de mare erau abundenți. Peștii

erbivori care trăiau la adâncimi mai mari s-au mutat în apele mai puțin adânci pentru a lua locul aricilor de mare. În felul acesta se poate vedea importanța deosebită pe care o au peștii și echinodermele erbivore în menținerea și zonarea recifelor de corali.

Efectele păşunatului constau în creşterea diversităţii recifelor, deoarece previne ocuparea spaţiului de către o singură specie de algă dominantă. Păşunatul influenţează, de asemenea, structura comunităţilor algale datorită preferinţelor alimentare diferenţiate din partea erbivorelor. De exemplu, algele filamentoase cresc mult mai repede decât algele calcaroase încrustante. În lipsa presiunii din partea erbivorelor algele filamentoase ar elimina complet algele încrustante. Acest lucru nu se întâmplă deoarece algele filamentoase sunt consumate cu predilecţie, algele calcaroase fiind foarte greu digerabile. Din acest motiv, în zonele intens păşunate se dezvoltă algele încrustante în detrimentul algelor filamentoase.

Importanţa de păşunare a aricilor de mare este cu mult mai mare decât cea a peştilor în zonele în care se practică pescuitul, deoarece, împreună cu peştii erbivori, sunt înlăturaţi şi peştii care se hrănesc cu arici de mare.

Prădătorismul. În ciuda faptului că recifele de corali se caracterizează printr-o biodiversitate extraordinară, aparent acestea par a fi populate doar de corali, de peşti şi de câteva specii de echinoderme (stele de mare, holoturii, crini de mare) şi moluşte mari (*Tridacna*). Acest lucru se întâmplă pentru că cele mai multe specii de nevertebrate care populează recifele de corali stau ascunse în găurile şi fisurile spongierilor şi coralilor. Explicaţia constă în faptul că în recifele de corali presiunea din partea prădătorilor este foarte puternică şi orice organism expus va fi rapid consumat.

Coralii şi alte organisme calcificate sunt protejate într-o oarecare măsură, însă ţesuturile moi sunt expuse acţiunii prădătorilor. Astfel, un număr mare de animale se hrănesc pe seama coralilor şi gorgonaceelor. Majoritatea acestor prădători au talie mică în comparaţie cu coloniile cu care se hrănesc. Acest proces de prădare seamănă cu procesul păşunării de către erbivore. Polipii sunt consumaţi numai pe anumite porţiuni, dar întreaga colonie nu este periclitată deoarece cu timpul zonele „păşunate" vor fi regenerate de alţi polipi. Aceşti prădători mici includ o sere de moluşte gasteropode (*Cyphoma gibbosum*), nudibranhiate (*Phestilla*), polichete (*Hermodice carunculata*), ciripede (*Pyrgoma*) şi unii crabi (*Mithraculus*, *Tetralia*).

Există şi prădători de talie mare care se hrănesc cu corali şi care pot avea efecte semnificative asupra coloniilor de corali şi în felul acesta pot modifica structura comunităţilor recifale. Dintre aceştia fac parte steaua de mare „coroana de spini", *Acanthaster planci*, şi diferite specii de peşti. Printre peştii care se hrănesc pe seama coloniilor de corali se disting două grupuri: specii coralivore, care consumă doar polipii coralieri (familiile Tetraodontidae, Monacanthidae, Balistidae şi Chaetodontidae) şi specii omnivore, care consumă polipii odată cu algele şi animale care trăiesc pe şi în interiorul scheletului coralilor (familiile Acanthuridae şi Scaridae).

Speciile care trăiesc pe suprafeţele expuse ale recifelor şi-au dezvoltat o serie de mijloace chimice de protecţie contra prădătorilor. Mulţi castraveţi de mare tropicali produc *substanţe repelente*[94] (saponine) şi prezintă nişte şuviţe lipicioase (organele lui Cuvier) care pot fi expulzate afară şi în care potenţialii prădători se pot încurca. Tunicatul caraibian *Phallusia nigra* prezintă vacuole pline cu acid sulfuric şi are o concentraţie ridicată de

[94] *repelles* (lat.) = respingător

vanadiu toxic. Gorgonarul *Plexaura homomalla* conține până la 5% din greutatea sa hormonul prostaglandină și care descurajează prădătorii din cauza gustului extrem de neplăcut pe care acesta îl conferă.

Cei mai mulți pești tropicali produc substanțe toxice. Aceste substanțe pot fi prezente în glande veninoase de la baza unor spini, pot fi secretate la suprafața tegumentului (crinotoxina), sau conferă toxicitate cărnii și diferitor organe interne. Specii de pești foarte veninoase sunt puține, ca de exemplu peștele-zebră (*Pterois volitans*).

Mutualismul (= *simbioza*). În multe cazuri relațiile de comensalism dintre specii au evoluat în mutualism. De exemplu, specia pacifică de coral ramificat *Pocillopora damicornis* găzduiește o serie de crabi (*Trapezia*), crevete (*Alpheus*) și pești. Atunci când coralul este amenințat de steaua de mare prădătoare *Acanthaster planci*, crabii și crevetele ies din fisurile coloniei coralului și atacă steaua de mare, în cele mai multe cazuri determinând retragerea acesteia.

Un alt exemplu de relație avantajoasă pentru ambii parteneri constă în conviețuirea a două specii diferite în galerii săpate de una dintre acestea. În recifele din Marea Roșie fiecare din cele patru specii de crevete care sapă galerii în nisip își au un companion propriu cu care împart galeria. Creveta are o vedere slabă și este avertizată de către pește de prezența prădătorilor prin lovirea antenelor crevetei cu coada. La rândul lui, peștele profită de galeria săpată de crevete pentru a se adăposti contra dușmanilor.

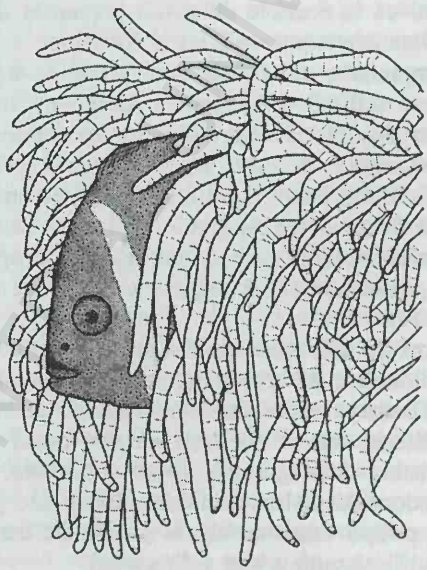


Figura 6.17 Peștele-clovn *Amphiprion* sp. ascunzându-se printre tentaculele actiniei *Radianthus* sp. (după Nybakken, 1988)

Peștii-clovn (Pomacentridae, genul *Amphiprion*) adesea trăiesc printre tentaculele anemonelor de mare tropicale (fig. 6.17). Acești pești nu sunt urzicați de către nematocistele anemonelor deoarece adună treptat pe tegumentul lor mucusul anemonelor.

În felul acesta anemonele nu mai percep acești peștii ca fiind un organism străin. Peștele beneficiază de protecție contra prădătorilor și se hrănește cu resturi alimentare adunate de anemone sau chiar cu țesuturile acesteia. Avantajarea anemonelor constă în îndepărtarea de către pește a țesuturilor moarte și în comportamentul teritorial al acestuia din urmă, care poate alunga eventualii prădătorii ai anemonei.

Cel mai interesant caz de simbioză întâlnit în recifele de corali îl reprezintă *comportamentul de curățare*. Acest comportament reprezintă o formă specializată de prădătorism în care crevete (*Periclimenes petesoni*, *Stenops*) sau mici peștișori se hrănesc cu ectoparaziții și țesuturile necrozate ale altor pești, de regulă mai mari ca ei. Comportamentul de curățare este foarte frecvent și se întâlnește aproape în toate recifele. Peștele-curățător *Labroides dimidiatus* chiar formează „stații de curățare" care sunt vizitate zilnic de aproximativ 50 specii de pești. „Clienții" sunt atrași prin mișcările undulatorii caracteristice ale acestui peștișor pestriț colorat. Peștele care trebuie să fie curățat se apropie de „stația de curățare" și rămâne nemișcat în timp ce peștișorul-curățător se mișcă de de-a lungul acestuia și îndepărtează paraziții. El poate chiar intra în cavitatea bucală și cea branhială a peștelui fără să fie înghițit (fig. 6.18). În stațiile de curățare predomină un soi de „armistițiu" între peștii prădători, deoarece peștii în timpul curățării sunt mai vulnerabili la prădare. Uneori peștii chiar „stau la coadă" și-și așteaptă rândul pentru a fi curățați.

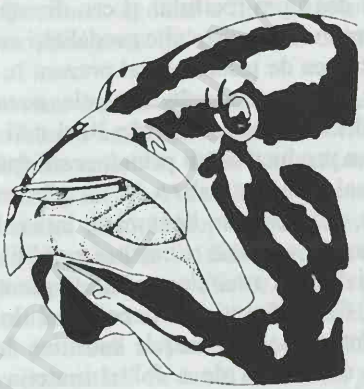


Figura 6.18 Peștișorul *Labroides* curățând cavitatea bucală a unui biban de mare (după Nybakken, 1988)

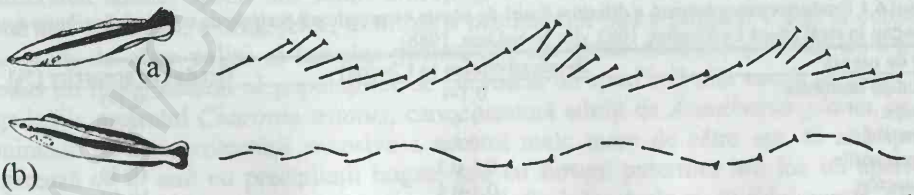


Figura 6.19 Peștele-curățător *Labroides dimidiatus* (a) și dansul său caracteristic și peștele prădător *Aspidontus taeniatus* (b) care imită dansul peștelui-curățător pentru a ataca peștii mai mari (după Grzimek, 1988)

În locurile unde trăieşte peştişorul-curăţător se întâlneşte o altă specie de peşte, *Aspidontus taeniatus*, care nu se deosebeşte de aceasta ca aspect, mărime sau culoare. Mai mult de atât, acest peşte imită mişcările peştelui-curăţător şi profită de acest lucru pentru a muşca bucăţi din înotătoarele peştilor care se apropie pentru a fi curăţaţi (fig. 6.19).

Comportamentul de curăţare are o importanţă deosebită pentru structura populaţiilor de peşti şi pentru economia recifului. Experimental s-a arătat că dacă speciile de curăţători sunt îndepărtate din recif, fauna de peşti dă semne de disconfort sau se mută în alte locuri.

Productivitatea recifelor

Recifele de corali sunt adevărate oaze în mijlocul apelor tropicale slab populate. Se ştie că apele marine tropicale sunt foarte sărace în nutrienţi, de unde rezultă şi salba lor productivitate (18-50 g C/m^2/an). Totuşi, în recifele de corali abundă viaţa şi studiile efectuate până în prezent indică o productivitate foarte ridicată (1500-5000 g C/m^2/an). Cum de este posibil ca recifele de corali să menţină o astfel de producţie ridicată în ape atât de sărace în substanţe nutritive? Răspunsul la această întrebare este mai uşor de dat în cazul recifelor care mărginesc insulele sau continentele, unde o bună parte din substanţele biogene sunt aduse de pe uscat sau din apele costiere puţin adânci, decât în cazul atolilor situaţi în mijlocul oceanelor. În cel din urmă caz, cert este faptul că între cantitatea de substanţe nutritive din apele deasupra recifului şi cea din apele din jur nu există diferenţe semnificative. Prin urmare, trebuie să existe alte modalităţi care să menţină o productivitate ridicată. În primul rând, cantitatea de ţesut vegetal prezent în recif şi capabil de fotosinteză este foarte mare, cu mult mai mare decât în apele oceanice învecinate. Cercetătorii americani au stabilit că în blocul coralier sunt de 3 ori mai multe ţesuturi vegetale decât animale. Cea mai mare parte a productivităţii primare este dată de algele verzi delicate care pătrund în scheletul calcaros al coralilor (tab. 6.1). La acestea se mai adaugă zooxantelele, algele coraligene încrustante, macroalgele bentonice, iarba de mare şi fitoplanctonul. Cu toate că recifele posedă o biomasă vegetală ridicată şi condiţii optime de dezvoltare, trebuie subliniat că această productivitate a recifelor nu ar fi putut susţinută dacă nu ar exista elemente nutritive suficiente. Cheia funcţionării ecosistemului recifelor de corali constă în abilitatea recifelor de a reţine toate substanţele nutritive în cadrul sistemului, de a le recircula într-un mod foarte eficient şi de a folosi materia organică la diferite niveluri trofice cu eficienţă maximă. În această privinţă recifele de corali se aseamănă cu pădurile tropicale, care, de asemenea, sunt foarte productive, dar există pe un sol sărac în săruri nutritive.

Tabelul 6.1 Productivitatea primară a diferitor tipuri de plante ce populează recifele de corali şi distribuţia acestor comunităţi în recif (după Larkhamm, 1983, din Nybakken, 1988)

Tipul de plantă	Productivitatea (g C/m^2/zi)	Gradul de acoperire (%)
Macroalge bentonice	0,1-4	0,1-5
Mici alge	1-6	10-50
Zooxantele	0,6	10-50
Alge psamofile	0,1-0,5	10-50
Fitoplancton	0,1-0,5	10-50
Iarba de mare	1-7	0-40

Drept exemplu de reciclare care previne pierderea nutrienţilor pot fi menţionate zooxantelele simbionte. Plasarea algelor în ţesutul coralilor împiedică antrenarea lor în

afara recifului. De asemenea, sărurile nutritive rezultate în urma metabolismului coralului vor fi puse direct la dispoziția plantei, fără ca acestea să treacă prin apă, de unde ele ar putea fi spălate în afară. În mod asemănător, majoritatea algelor libere din recif conțin carbonat de calciu, care le face mai grele și deci mai greu de antrenat în afara recifului. Prezența în recif a unor populații bogate de bacterii grăbește degradarea organismelor moarte și redarea în circuit a sărurilor nutritive pe care le conțin.

Modificări catastrofice în cadrul recifelor de corali

Deși recifele de corali apar ca niște ecosisteme grandioase și extrem de stabile, dăinuind în cazul atolilor milioane de ani, în realitate acestea pot suferi distrugeri de mari proporții din diferite cauze.

Creșterile și coborârile nivelului mării din ultimele câteva sute de mii de ani au constituit o sursă importantă a perturbării ecosistemelor recifelor de corali. Multe recife nu au putut ține pasul cu creșterea nivelului mării și au fost înecate. Scăderea nivelului mării a provocat modificări majore în regimul de sedimentare și extinderea eroziunii.

Cauza majoră a mortalității în masă a coralilor o constituie distrugerea mecanică produsă de către furtunile tropicale. Uraganele și taifunurile sunt suficient de puternice ca atunci când trec peste recife să le distrugă pe mari suprafețe. Deoarece perturbațiile meteorologice sunt foarte frecvente în regiunile tropicale, șansa ca un recif sau un sector al său să fie distrus sau puternic deteriorat de către o furtună este mare. Daunele provocate de astfel de furtuni se traduc prin smulgerea coloniilor de corali și antrenarea lor în afara recifului.

Explozia numerică a unor prădători poate fi, de asemenea, o sursă majoră a mortalității catastrofice a recifelor. Astfel, începând din 1962, în multe locuri au fost semnalate explozii ale populațiilor stelei de mare *Acanthaster planci*, cunoscută și sub numele de „coroana de spini" (fig. 6.20). Această stea de mare țepoasă se hrănește pe seama madreporarilor vii, și atunci când se deplasează lent de-a lungul recifului lasă în urmă doar scheletele albicioase ale coralilor. Altădată, acest echinoderm se găsea în număr redus și nu prezenta pericol pentru existența recifelor. Populațiile de „coroană de spini" au crescut considerabil, astfel încât în câțiva ani au distrus recifele pe suprafețe întinse. Foarte afectate au fost Marea Barieră de corali a Australiei, coralii insulelor Marshall și Hawaii, Guam și alte recife. Cauzele dezvoltării în masă a acestei specii nu au fost stabilite cu exactitate. Nu se știe nici măcar dacă este vorba de un fenomen natural sau de unul indus de către om. Faptul că *Acanthaster planci* s-a dezvoltat în număr mare în acele zone în care omul desfășoară diferite activități i-a determinat pe unii cercetători să considere că proliferarea acestei specii are cauze antropogene. Slăbirea coralilor în urma exploatării calcarului coraligen, a dragajelor, a utilizării pesticidelor sau a poluării a dus la consumul mai redus de către polipi al larvelor planctonice ale stelei de mare și astfel nu s-a mai produs un reglaj natural al populațiilor de „coroana de spini". O altă cauză ar putea fi că populațiile melcului *Charonia tritonis*, care consumă adulți de *Acanthaster planci*, au fost diminuate în urma colectării excesive a acestui melc mare de către om. O altă ipoteză sugerează că în anii cu precipitații bogate sau cu furtuni puternice are loc un aport mai ridicat de nutrienți de pe uscat care stimulează înfloririle algale și, în felul acesta, asigură hrană suficientă pentru un număr mai mare de larve de *Acanthaster*.

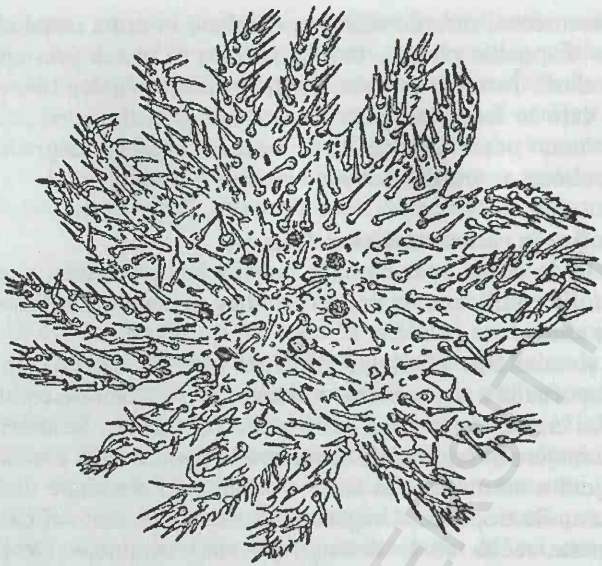


Figura 6.20 Steaua de mare prădătoare *Acanthaster planci* (după Caso, 1978)

A treia cauză a mortalității catastrofice a coralilor o constituie fenomenul El Niño (vezi Circulația activată de vânt, Capitolul 2). Astfel, în timpul fenomenului El Niño din anii 1982-1983 temperatura superficială din Pacificul de est a urcat la 30-32°C, adică cu 2-4°C peste temperatura normală, şi a persistat mai multe luni în şir. Această încălzire prelungită a apei, împreună cu modificări ale nivelului mării şi frecventele uragane, au cauzat moartea la scară mare a coralilor din Costa Rica, Panama, Insulele Galápagos, Tahiti şi alte insule ale Pacificului tropical.

În ultima vreme, un pericol tot mai mare pentru recifele de corali îl constituie poluarea apei cu deşeuri industriale. Cheagurile petroliere, care coboară pe fund, peliculele subțiri de petrol, care se lipesc de corali la reflux, reziduurile industriale toxice şi alte influențe abiotice ale civilizației actuale se răsfrâng în prezent, chiar şi pe insulele cele mai îndepărtate, asupra recifelor de corali.

BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Capitolul 7

VIAȚA ÎN ADÂNCURILE MARINE

Fundurile oceanice situate între 3000 şi 11.000 m adâncime sunt în general atribuite zonelor abisale. Abisurile oceanice ocupă aproximativ 85% din suprafaţa şi 90% din volumul Oceanului Planetar, fiind în această privinţă habitatul cu cea mai mare extindere de pe Terra. Din cauza dificultăţilor de prelevare a probelor şi accesibilităţii îngreunate, ecologia acestor zone este foarte puţin cunoscută.

7.1. COMUNITĂȚILE ABISALE

Până în secolul XIX oamenii de ştiinţă credeau că în adâncurile întunecate ale mărilor şi oceanelor nu pot exista organisme. Edward Forbes chiar a formulat *teoria azoica*[95] care susţinea că nu există vieţuitoare la adâncimi mai mari de 300 fathomi (550 m). Ulterior au fost scoase animale de la adâncimi mai mari de 400 de fathomi şi chiar de la 10.000 m adâncime.

Deşi după 1950 cercetările adâncurilor oceanice au luat amploare, până în prezent nu s-a reuşit să se stabilească cu exactitate limita superioară a zonei abisale. Unii propuneau să se ia drept limită superioară izobata de 200 m. Alţii considerau drept graniţă a zonei adânci zona apelor cu temperatura sub 4°C. Însă, în zonele polare apa cu această temperatură se găseşte chiar la suprafaţă. Alţii, pentru delimitarea zonei abisale, plecau de la migraţiile verticale ale planctonului şi considerau drept limita superioară a abisalului adâncimile de 400-600 m. În schimb, compoziţia faunei marine bentonice se schimbă radical la o adâncime de circa 3800 m. În cele ce urmează, prin termenul de „zonă abisală" sau „ape adânci" vom desemna acea parte a mediului marin care se găseşte sub limita inferioară de pătrundere a luminii în largul oceanului şi la adâncimi mai mari decât platforma continentală (> 200 m).

[95] *a* (gr.) = fără; *zóon* = animal

Particularitățile condițiilor de mediu

O serie de aspecte ale factorilor abiotici din zona abisală (lumină, presiune, temperatură, oxigen dizolvat) au fost discutate în capitolul privind proprietățile fizice și chimice ale apei marine. O caracteristică generală a condițiilor de mediu din zona abisală este cvasi-constanța lor pe perioade mari de timp. În ceea ce urmează va fi abordată numai problema hranei, care este factorul limitativ pentru zonele adânci ale oceanelor.

Este știut faptul că toate animalele în ultima instanță există pe seama substanței organice produse de către plante. Or, se știe că producătorii primari (plantele bentonice sau algele microscopice pelagice) populează numai zona eufotică, bine luminată (*zona trofogenă*). În acest sens, abisurile marine, complet lipsite de lumina solară, sunt unice prin faptul că nu prezintă producători primari proprii (*zonă trofolitică*), depinzând în întregime de substanța organică alohtonă. Aceste zone constituie așa-numitele *biocenoze schizocene*[96].

Până nu demult se credea că hrana organismelor abisale era asigurată de acea „ploaie de cadavre" care cade pe fund din păturile superioare ale apei. Cu toate că organismele moarte se scufundă, viteza lor de scufundare este extrem de mică, iar descompunerea cadavrelor de către bacterii începe îndată după moartea lor. Rezultă că toate substanțele organice sunt degradate în primii 1000 m adâncime (în zona minimului de oxigen) și nu ajung pe fundurile adânci. În felul acesta, afluxul de substanțe nutritive în adâncuri trebuie să se facă pe altă cale.

Au fost indicate câteva alte surse posibile de hrană pentru organismele abisale. O primă sursă directă de hrană ar cuprinde organismele marine care execută migrații verticale. Peștii, crustaceele și ctenoforele seara urcă de la adâncimi de cca 600 m la suprafața mării, se hrănesc în aceste pături bogate în hrană, iar spre dimineață din nou coboară în adânc. Acestea duc cu sine în adâncime substanțe organice în tractusul digestiv și acolo elimină resturile nedigerate. Aceste excreții au încă o valoare nutritivă destul de ridicată și servesc drept hrană pentru viețuitoarele din adâncuri. Migrațiile verticale ale animalelor se realizează între diferite niveluri batimetrice, astfel că se realizează o „scară de migrații", pe treptele căreia hrana ajunge la adâncimi mari. În plus, cocoloașele de excremente nedigerate se scufundă cu o viteză mult mai mare decât resturile semi-descompuse ale animalelor.

Câteodată, drept hrană pentru organismele abisale servesc cadavrele mari ale mamiferelor marine sau ale peștilor, care ajung pe fund înainte ca toată materia organică să poată fi consumată. În compoziția epifaunei intră organisme capabile să detecteze prezența substanțelor organice dizolvate de la distanțe mari, acestea adunându-se în număr mare după un timp relativ scurt în zonele unde există cadavre mari.

O proporție considerabilă de particule care se scufundă din zona trofogenă este reprezentată de particule animale sau vegetale nedigerabile, ca de exemplu exuviile chitinoase ale crustaceelor, peletele fecale sau detritusul vegetal provenit de pe uscat. Aceste materii reprezintă o sursă indirectă de hrană, fiind atacate de bacterii în timpul căderii lor spre marile adâncimi și, după ce au ajuns pe fund, sunt convertite în hrană digerabilă sub formă de protoplasmă bacteriană. Deoarece timpul de retenție al unor astfel de particule este mai mare pe fund decât în masa apei, bacteriile vor fi mai numeroase în sedimentele bentonice, ceea ce atrage un număr mai mare de organisme mai mari. De

[96] *skizo* (gr.) = a despica; *koinós* = împreună

aceea, densitățile endofaunei bentonice depășesc pe cele ale organismelor pelagice de la adâncimi similare.

O altă sursă potențială indirectă ar fi reprezentată de substanțele organice coloidale și cele dizolvate în apa marină. Aceste substanțe organice pot fi adsorbite de particulele moarte și împreună cu acestea pătrund în adâncuri sub formă de „zăpadă marină". În afară de aceasta, substanțele organice dizolvate se acumulează pe cochiliile unicelularelor, care pot servi în calitate de hrană pentru animalele abisale.

Cantitatea de hrană disponibilă în zonele abisale este corelată cu productivitatea primară din apele de suprafață de deasupra sau cu distanța față de insule și continente. În concluzie, se poate spune că disponibilul de hrană este din ce în ce mai redus pe măsura creșterii adâncimii și îndepărtării de uscat. Acest fapt se traduce prin densități reduse și talii mici ale organismelor abisale.

Adaptările organismelor abisale

Particularitățile condițiilor de mediu ale marilor adâncimi au determinat apariția la organismele ce viețuiesc aici a unor adaptări speciale. Dificultățile de prelevare și de menținere a organismelor abisale în stare vie reprezintă un impediment în cunoașterea adaptărilor fiziologice și biochimice. În schimb, deja sunt cunoscute multe dintre adaptările morfologice și caracteristicile comportamentului organismelor abisale.

Una din adaptările care poate fi observată, chiar și la organismele din mezopelagialul superior, este *culoarea*. Peștii mezopelagici au în general o culoare argintiu-cenușie sau neagră-închisă și nu prezintă umbra criptică. Celenteratele mezopelagice, pe de altă parte, au o culoare purpuriu-închisă, în timp ce copepodele, misidele și crevetele au o culoare roșu-aprins. Deoarece la adâncimea la care trăiesc aceste nevertebrate nu pătrund radiațiile roșii, culoarea roșie apare ca neagră, ceea ce face ca și aceste animale să fie invizibile pentru prădători.

Organismele ce trăiesc în zonele batială și abisală sunt cel mai adesea depigmentate, fiind incolore sau prezentând o culoare alb-murdară. Acest lucru este valabil în special pentru organismele bentonice, peștii putând fi negri la toate adâncimile.

O altă adaptare caracteristică a peștilor mezopelagici și a celor din batipelagialul superior este *hipertrofierea ochilor*. Astfel, ochii acestor pești (cum sunt peștii-lanternă din familia Myctophidae) sunt considerabil mai mari în raport cu dimensiunea corpului comparativ cu peștii din zona epipelagică luminată. De obicei, prezența unor ochi mari este corelată cu prezența organelor luminoase. Ochii mari permit acestor pești să vadă în condițiile unei iluminări foarte slabe sau să detecteze lumina produsă de organele bioluminescente. Capacitatea de a vedea în lumina crepusculară este amplificată datorită prezenței pigmentului rodopsina și a numărului crescut de bastonașe din retină. Hipertrofierea ochilor se poate observa și la unele nevertebrate bentonice (fig. 7.1).

Dezvoltarea unor *ochi telescopici* la unii pești (*Argyropelecus affinis*, *Stylephorus chordatus*, *Winteria telescopa*, *Gigantura*, *Opistoproctus*) sau cefalopode (*Sandalops melancholicus*) este o altă adaptare a organismelor din adâncurile marine (fig. 7.2). Acești ochi au forma unor cilindri negri scurți terminați distal cu lentile transparente emisferice. Fiecare ochi are două retine: una la baza cilindrului și cealaltă pe peretele cilindrului. Acești ochi focalizează obiectele apropiate pe retina de la baza cilindrului, în timp ce obiectele îndepărtate sunt focalizate pe retina pereților cilindrului.

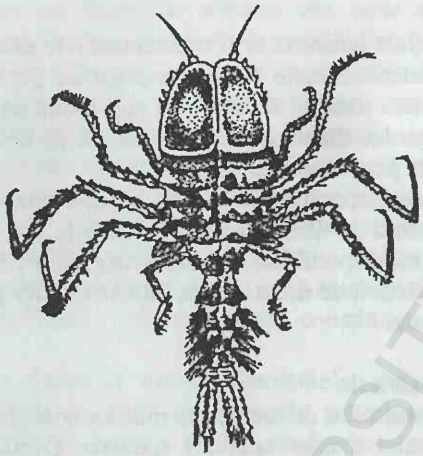


Figura 7.1 Amfipodul abisal *Cystosoma neptuni* cu ochii puternic hipertrofiați (după Grzimek, 1988)

La unii calmari din familia Histioteuthidae un ochi este mult mai dezvoltat decât celălalt. Această disproporție a ochilor este asociată cu prezența unor organe luminoase numeroase (fotofori). Acești calmari mezopelagici, ce trăiesc la adâncimi cuprinse între 500 și 700 m, stau cu ochiul mai mare orientat în sus, în timp ce ochiul mai mic este îndreptat în jos. În felul acesta ochiul mai mare percepe lumina care vine de sus, iar ochiul mai mic percepe lumina produsă de fotofori. Calmarul potrivește lumina produsă de fotofori în așa fel încât să aibă aceeași intensitate ca lumina care vine de sus pentru a deveni invizibil atunci când este privit dedesubt.

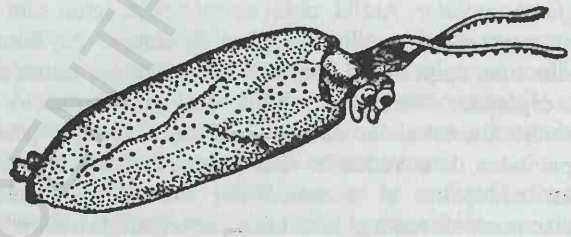


Figura 7.2 Calmarul abisal *Sandalops melancholicus* prezintă ochi pedunculați pentru a putea vedea în lumină slabă (după Grzimek, 1988)

La majoritatea peștilor din zona abisopelagică și hadopelagică, dimpotrivă, ochii sunt foarte mici și slabi (la *Saccopharynx*, *Bathymicrops*) sau chiar lipsesc cu totul (la *Ipnops*) (fig. 7.3). În schimb, la astfel de forme este foarte dezvoltat simțul tactil. La crustacee, ca de exemplu la creveta abisală *Sergestes corniculum*, organele tactile și

perişorii senzitivi sunt dispuşi pe picioruşe şi antenele lungi (fig. 7.4). Ele servesc pentru perceperea unor mişcări slabe ale apei, furnizând informaţii privind prezenţa duşmanilor sau a particulelor alimentare. La peşti organele tactile sunt situate pe mustăcioare ramificate şi pe radiile alungite ale înotătoarelor (dorsale, ventrale sau caudale). De exemplu, peştele-tripod (*Bathypterois bigelowii*) are radii extrem de alungite ce servesc pentru pipăirea fundului marin în căutare de hrană (fig. 7.5).

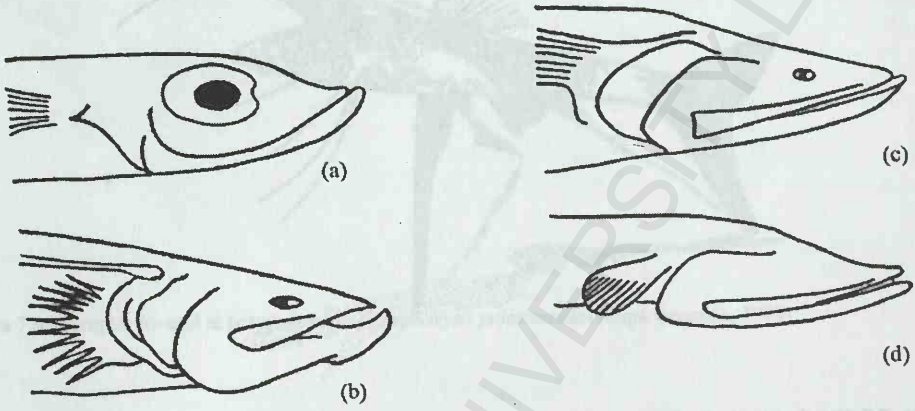


Figura 7.3 Reducerea progresivă a ochilor la peştii ce populează diferite adâncimi: (a) *Chloraphthalmus productus* de la adâncimea de 575 m; (b) *Bathypterois dubius* de la adâncimea de 800-1000 m; (c) *Benthosaurus grallator* de la adâncimea de 3000 m; (d) *Bathymicrops regis* de la adâncimea de 5000 m (după Grzimek, 1988)

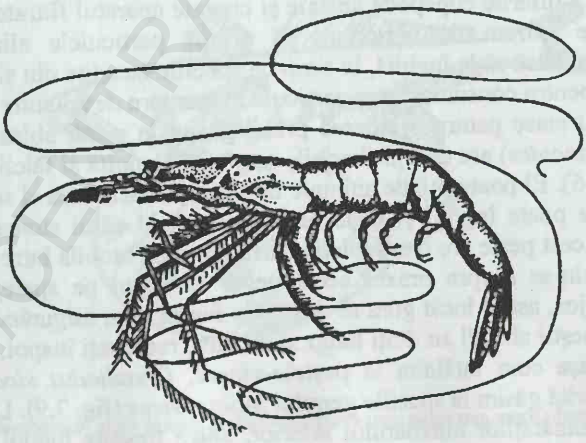


Figura 7.4 Creveta abisală *Sergestes corniculum* cu antenele sale lungi (după Grzimek, 1988)

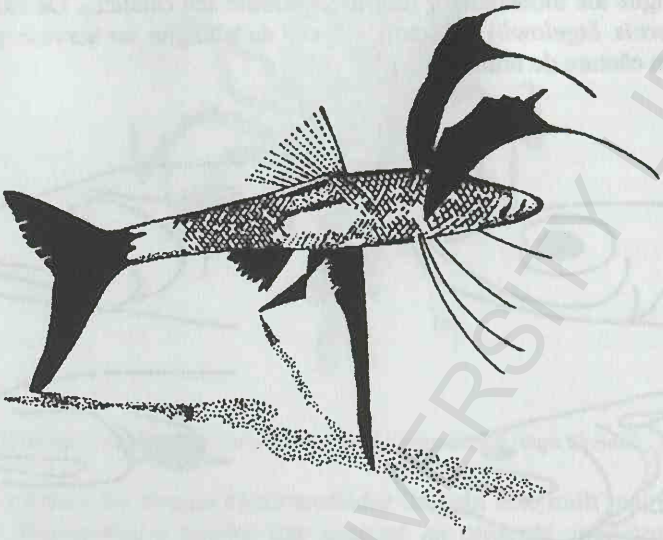


Figura 7.5 Peştele-tripod, *Bathypterois bigelowi*, poate pipăi fundul cu ajutorul radiilor mult alungite ale înotătoarelor pentru căutarea hranei (după Grzimek, 1988)

Ca urmare a sărăciei bazei nutritive, organismele abisale prezintă o serie de adaptări pentru utilizarea cât mai eficientă a hranei. Astfel, la formele abisale ale unui gen de bivalve intestinul este mult mai lung decât la speciile înrudite, dar care populează apele mai puţin adânci. Multe animale de aici prezintă organe speciale care le uşurează procurarea hranei. La diferite copepode abisale şi crevete aparatul filtrator este hipertrofiat. Pentru acestea este extrem de important să prindă particulele alimentare de orice dimensiune şi să reuşească să le înghită, în timp ce speciile înrudite din sistemul litoral sunt adesea specializate pentru consumul unor particule alimentare de anumite dimensiuni.

Adaptări curioase pentru prinderea prăzii găsim la peştii abisali. Peştele-pelican (*Eurypharynx pelecanoides*) are corpul flexibil, cu coada alungită şi fălcile mari care se pot deschide larg (fig. 7.6). El poate prinde animale de aceeaşi mărime ca el sau chiar mai mari. O pradă foarte mare poate înghiţi şi *Chiasmodon niger*, al cărui stomac se poate dilata puternic (fig. 7.7). Acest peşte are o articulaţie cartilaginoasă mobilă între craniu şi coloana vertebrală. Aruncându-se asupra prăzii, acest peşte dă capul pe spate, în acelaşi timp ducând maxilarul în jos, astfel încât gura se deschide foarte larg, asigurând înhăţarea sigură a prăzii. De obicei, peştii abisali au dinţi lungi şi ascuţiţi, recurbaţi înapoi, pentru prinderea şi reţinerea prăzii, aşa cum întâlnim la peştele-viperă, *Chauliodus sloani* (fig. 7.8). O adaptare cu totul diferită găsim la speciile genului *Malacosteus* (fig. 7.9). La aceştia lipseşte legătura pieloasă a jumătăţilor maxilarului inferior, adică lipseşte fundul cavităţii bucale. Atunci când aceşti peşti se aruncă brusc asupra prăzii cu gura larg deschisă, lipsa pielii întinse între jumătăţile maxilarului inferior reduce la minim rezistenţa pe care ar opune la înaintarea prin apă.

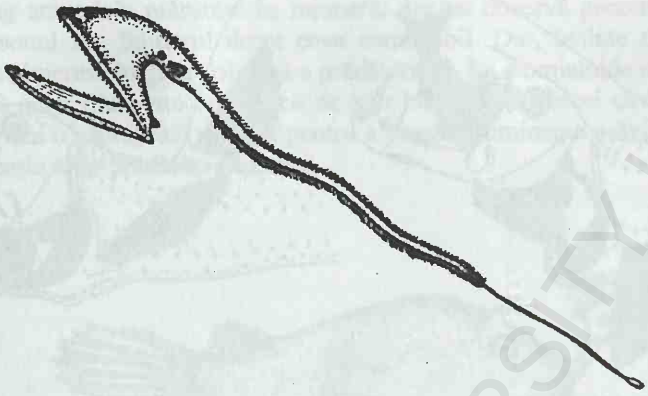


Figura 7.6 Exemplar juvenil al peştelui abisal *Eurypharynx pelecanoides* (după Grzimek, 1988)

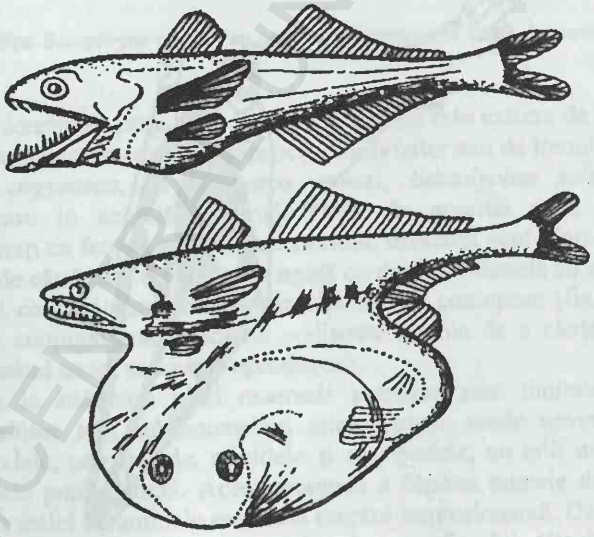


Figura 7.7 Peştele *Chiasmodon niger* înainte şi după înghiţirea unui peşte mai mare (după Grzimek, 1988)

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

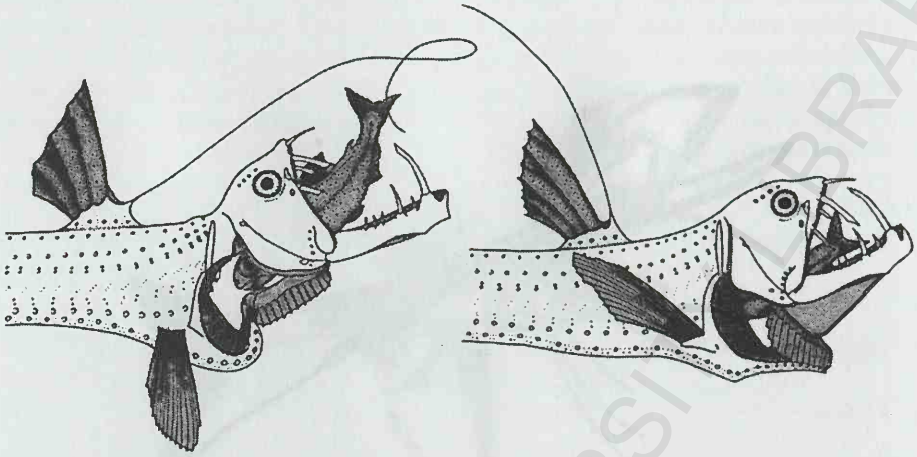


Figura 7.8 Modul de înghiţire a prăzii de către peştele-viperă (*Chauliodus sloani*) (după Marshall, 1954, din Nybakken, 1988)

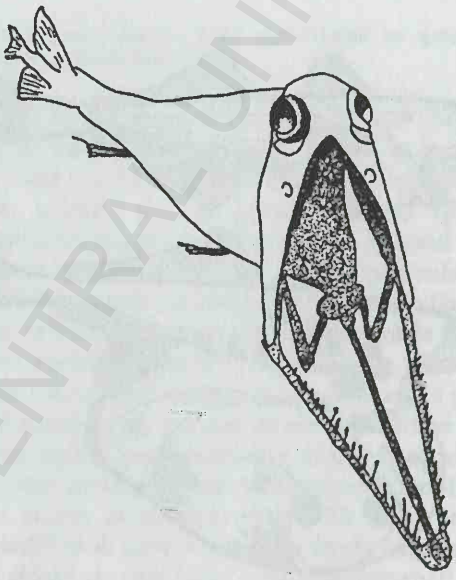


Figura 7.9 Gura peştelui *Malacosteus* nu prezintă fund, ceea ce-i asigură o propulsie mult mai rapidă atunci când acesta atacă prada (după Grzimek, 1988)

Unii peşti abisali capturează prada cu ajutorul primei radii modificate a înotătoarei dorsale. Această radie, atârnând înaintea ochilor sau de asupra gurii, poate fi puternic

BCU "SIVICENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

alungită şi ramificată în vârf sau având formă de penson. La alte specii de peşti-undiţari (Ceratoidea, *Linophryne arborifera*, *Borophryne apogon*, *Melanocetus johnsoni*) acesta poartă un organ luminescent (fig. 7.10). Mişcările acestei „undiţe" sau lumina emanată de felinarul ei atrag animalele mărunte. În întuneric ele nu observă prezenţa peştelui luând filamentul, pensonul sau felinarul drept ceva comestibil. Dar, înainte de a realiza acest lucru, ele însele nimeresc în gura colţoasă a prădătorului. La stomiatoide astfel de nade sunt prinse în vârful unor filamente ce pleacă de sub bărbie. De obicei cavităţile interne ale multor prădători au o căptuşeală neagră, pentru a preveni luminarea prăzii înghiţite, care ar putea atrage atenţia altor prădători mai mari.

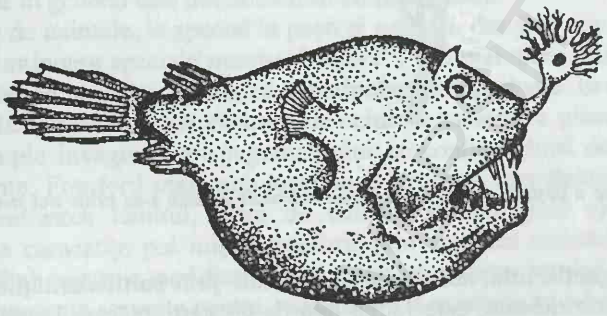


Figura 7.10 Peştele-undiţar *Borophryne apogon* cu pomponul luminescent situat deasupra gurii (după Grzimek, 1988)

Deoarece densitatea populaţiei bentonice abisale este extrem de mică, alte adaptări sunt legate de modul de recunoaştere reciprocă a indivizilor sau de înmulţire. La speciile de peşti *Linophryne argyresca*, *Cryptopsaras couesi*, *Edriolychus schmidti* şi *Ceratias holboelli* o adaptare în această privinţă constă în apariţia unui dimorfism sexual caracteristic – în timp ce femelele au aspect normal, masculii sunt pigmei şi devin paraziţi ai femelelor. Încă de când sunt alevini ei se agaţă cu dinţii de femelă iar apoi concresc cu ea atât de intim încât chiar şi sistemele lor circulatoare se contopesc (fig. 7.11). Avantajele acestui parazitism conjugal sunt evidente – dispare nevoia de a căuta partenerul pentru reproducere, asigurând astfel succesul reproducerii.

Deoarece la adâncimi mari resursele nutritive sunt limitate, cele mai multe organisme care trăiesc aici au dimensiuni mici. Totuşi, unele nevertebrate, în special amfipodele, izopodele, ostracodele, mizidele şi copepodele, au talii mult mai mari decât rudele lor din apele puţin adânci. Acest fenomen a căpătat numele de *gigantism abisal*. Dimensiunea unor astfel de animale este de-a dreptul impresionantă. De exemplu, izopodul *Bathynomus giganteus* poate atinge 42 cm lungime, amfipodul *Alicella gigantea* 15 cm, ostracodul mezopelagic *Gigantocypris* poate avea un diametru de câţiva centimetri, iar copepodul *Gausia princeps* 10 mm!

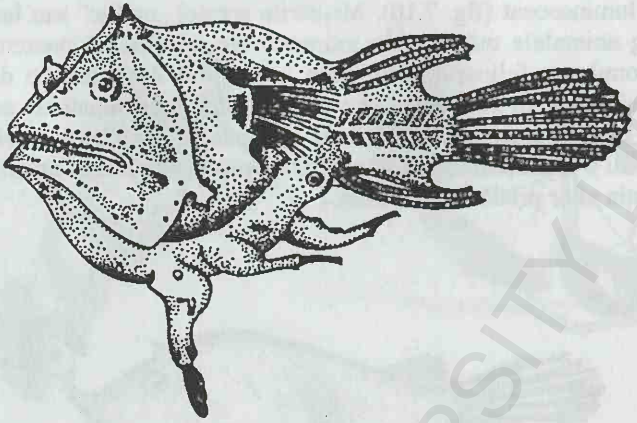


Figura 7.11 Femela mare a peştelui abisal *Edriolychus schmidti* de care s-au prins trei masculi pitici parazitari (după Grzimek, 1988)

Cauzele gigantismului abisal pot fi explicate prin particularităţile metabolismului în condiţii de presiune ridicată, care reduc rata de creştere, măresc longevitatea şi timpul necesar pentru a ajunge la maturitate sexuală, astfel încât animalele capătă dimensiuni mai mari. Creşterea dimensiunilor corpului ar putea rezulta şi în urma selecţiei naturale. Dimensiunea mare, longevitatea ridicată şi întârzierea maturităţii sexuale conferă animalelor anumite avantaje în apele adânci. Acestea includ producerea unor ouă mai mari şi ulterior a unor juvenili mai mari, care pot apoi să se hrănească cu un spectru mai larg de hrană. Animalele mari sunt, de asemenea, mai mobile şi pot acoperi suprafeţe mai mari în căutare de hrană sau de parteneri sexuali. Longevitatea crescută înseamnă o perioadă de maturitate sexuală prelungită, de unde reiese un timp mai mare pentru a-şi găsi un partener sexual.

Cu toate acestea, pentru cele mai multe nevertebrate bentonice abisale (polichete, crustacee şi moluşte) sunt caracteristice dimensiuni mult mai mici comparativ cu omologii acestora din apele de mică adâncime. Organismele bentonice tind să aibă talii mici, să posede picioare lungi sau, în cazul animalelor sesile, să aibă pedunculi lungi pentru a putea trăi pe fundurile acoperite de mâluri fine.

Adaptările de natură fiziologică ale peştilor abisali se traduc prin rate metabolice foarte reduse. Mulţi peşti de aici sunt înceţi în mişcări, au o masă musculară redusă comparativ cu cea a animalelor de mărimi comparabile din apele puţin adânci. În linii generale, pe măsura creşterii adâncimii complexitatea structurală scade, proporţia de apă din corp creşte, în timp ce concentraţia proteinelor şi lipidelor scade.

La organismele abisale scheletul calcaros este slab dezvoltat sau chiar lipseşte din cauza nesaturării apei de aici în carbonaţi. La foraminifere scheletul este de natură organică sau este din carbonat de bariu, iar spongierii au spiculii silicioşi. Multe echinoderme nu prezintă schelet calcaros, iar la unii peşti scheletul este cartilaginos (*rahitism abisal*).

Un grup aparte de adaptări la viața în adâncuri îl reprezintă *organele bioluminescente*. Deși fenomenul de bioluminescență nu este caracteristic numai apelor adânci, acesta atinge dezvoltarea cea mai amplă și mai complexă la organismele mezopelagice. Bioluminescența a fost pusă în evidență la 60% din calmarii și la 45% din peștii care trăiesc între 200 și 1000 m adâncime (Nikolski, 1963).

Bioluminescența este un fenomen chimic complex care poate fi declanșat pe cale nervoasă sau hormonală. Mecanismul producerii de lumină de către organismele vii constă în oxidarea unei substanțe numită *luciferina* în prezența enzimei *luciferaza*, care trece în stare excitată (*oxiluciferina*). Prin revenirea oxiluciferinei în stare normală se emite o cuantă de lumină. Deși natura chimică a luciferinei și luciferazei poate varia, reacția este similară la toate organismele. Compoziția spectrală a luminii produse variază și ea de la specie la specie, dar în general este din domeniul verde-albastru.

La o serie de animale, în special la pești și calmari, dar și la alte nevertebrate, s-au dezvoltat organe luminoase speciale numite *fotofori*[97]. Cel mai mare număr de animale cu fotofori poate fi găsit în zona mezopelagică și batipelagică superioară. În cel mai simplu caz fotoforii se prezintă sub forma unor câmpuri de celule tegumentare glandulare care produc lumina sau ca simple invaginări ale tegumentului ce conțin culturi de bacterii fotogene libere sau simbionte. Fotoforii mai complecși au o structură asemănătoare ochilor, având lentile pentru focalizarea luminii, filtre de culoare și diafragme ajustabile de celule pigmentare. Unele caracatițe pot mișca fotoforii prin acțiunea mușchilor și combina cu cromatoforii epiteliali pentru a modifica culoarea sau intensitatea luminii produse.

Bioluminescența servește pentru camuflare (de exemplu la calmarul *Histioteuthis*), pentru recunoașterea sexelor și indivizilor din aceeași specie (la peștii-lanternă), pentru capturarea prăzii (la peștii-undițari) sau pentru îndepărtarea dușmanilor. De exemplu, calmarul *Histioteuthis dispar* derutează eventualii prădători prin eliberarea unui nor luminos care-i maschează fuga.

Comunitățile bentonice abisale

În compoziția bentosului abisal intră aproape toate grupele majore de animale, dar proporția lor este variabilă (tab. 7.1). Crustaceele, în special izopodele, amfipodele, tanaidaceele și cumaceele, sunt o componentă importantă a comunităților abisale. În Oceanul Atlantic ele reprezintă 30-50% din totalul faunei. Destul de frecvente și abundente sunt polichetele, care pot alcătui 40-80% din organisme. Foarte comuni în zonele abisale sunt castraveții de mare (Holothuroidea), adesea având dimensiuni mari (30-80% din biomasă), și cozile de șarpe (Ophiuroidea). Stelele de mare (Asteroidea), crinii de mare (Crinoidea) și aricii de mare (Echinoidea) sunt de asemenea prezente, deși în număr mai mic. Dintre bureți predomină spongierii silicioși (Hexactinellida), care sunt rari în apele puțin adânci. Dediței de mare (Anthozoa), penele de mare (Pennatulacea) și evantaiele de mare (Gorgonacea) sunt singurii reprezentanți obișnuiți dintre cnidari. Principalele specii de pești din apropierea fundului sunt macrouridele, brotulidele, liparidele și unii țipari (*Synaphobranchus*, *Cyema*).

În zona hadală proporția crustaceelor peracaride, a polichetelor și holoturiilor este mai mare, iar cea a stelelor de mare, aricilor de mare și ofiuridelor este mai mică decât în zona abisală.

---

[97] *photos* (gr.) = lumină; *phoréo* = a purta

Tabelul 7.1 Variația numărului de specii aparținând diferitor grupe de nevertebrate bentonice în funcție de adâncime (după Zenkevich, 1959, din Pora și Oros, 1974)

Grupul sistematic	3000 m	4000 m	5000 m	6000 m	7000 m	8000 m	9000 m	10.000 m
Hidroide	14	12	8	2	2	1	–	–
Actinii	44	30	18	10	8	6	3	2
Polichete	176	122	64	33	22	14	3	1
Bivalve	12	11	9	7	6	3	2	1
Sipunculide	21	14	5	3	1	1	–	–
Briozoare	47	14	4	1	–	–	–	–
Ciripede	34	13	3	1	–	–	–	–
Amfipode	41	28	17	14	6	4	1	–
Izopode	36	49	39	29	12	5	1	–
Picnogonide	26	15	4	2	–	–	–	–
Asteride	124	58	21	6	2	–	–	–
Ofiuride	100	44	10	5	1	–	–	–
Echinide	47	15	6	2	1	–	–	–
Holoturide	143	100	41	19	15	9	3	1
Crinoide	19	12	4	2	2	2	1	–
Pogonofore	30	16	13	11	10	10	7	–
Total	992	553	266	146	88	55	21	5

O trăsătură caracteristică a bentosului abisal este dimensiunea mică și fragilitatea celor mai multe specii. Din cauza absenței luminii și a omogenității condițiilor de mediu, reproducerea organismelor abisale nu este restrânsă la anumite perioade, ci este constantă și continuă pe parcursul întregului an.

Structura comunităților bentonice abisale se formează în funcție de condițiile trofice, ceea ce se vede clar din comparația cu comunitățile din orizonturile superioare ale sistemului profundal. La adâncimi de 200-400 m comunitățile bentonice sunt formate mai ales din organisme epibentice suspensivore, care colectează particulele alimentare din masa apei (spongieri, diferite celenterate și crini de mare). Câmpiile abisale de la adâncimea de 4000-5000 m sunt populate în principal de forme care trăiesc în sediment sau la suprafața acestuia și care se hrănesc cu sedimentele bogate în substanță organică (viermi din diferite grupuri, picnogonidul *Colossendeis colossea*, moluște și mai ales holoturii). Aceștia reprezintă aproximativ 80% din totalul speciilor. Sestonofagii sunt extrem de rari, alcătuind mai puțin de 7% din totalul speciilor. De exemplu, unele actinii pot captura de pe suprafața fundului cu tentaculele lor reprezentanți ai meiofaunei. Carnivorele devin din ce în ce mai rare pe măsura creșterii adâncimii, ca urmare a faptului că pot găsi mai puțină pradă, iar erbivorele sunt extrem de rare și se hrănesc cu resturi de plante.

7.2. IZVOARELE HIDROTERMALE SUBMARINE

În 1977, în timpul unei serii de scufundări cu ajutorul submersibilului „Alvin", realizate în largul Insulelor Galápagos, la 2700 m adâncime au fost descoperite comunități luxuriante, bogat populate de organisme necunoscute, care trăiau în jurul unor izvoare submarine fierbinți. Temperatura apei din jurul acestor surse era de 8-16°C, considerabil mai mare decât cea a apei din jur (de aproximativ 2°C). Apa care ieșea sub forma unor

jeturi foarte fierbinți era puternic încărcată cu diferite metale și compuși reduși ai sulfului, în special hidrogen sulfurat.

Ulterior, comunități asemănătoare au fost descoperite în mai multe părți ale oceanelor Pacific și Atlantic între 1500 și 3200 m adâncime. În plus, în largul coastelor Floridei au fost descoperite „acumulările reci" (*cold methane seeps*) din care țâșnea apă încărcată cu metan. Toate aceste izvoare hidrotermale prezintă o asociație caracteristică de organisme de talii mari, adevărate „oaze" ce contrastează puternic cu fundurile slab populate din jur.

B.C.U. "M. EMINESCU" IAȘI

Originea și caracteristicile izvoarelor hidrotermale

În zonele de rift plăcile tectonice se depărtează între ele, permițând lavei lichide să iasă la suprafață, unde se solidifică în contact cu apa marină rece. Apa marină percolează în scoarța terestră prin fisurile rezultate în urma contracției magmei răcite. Această apă reacționează cu roca bazaltică și se încarcă în diverși compuși reduși ai metalelor, hidrogen sulfurat și metan. Din cauza temperaturilor ridicate apa este împinsă înapoi în ocean sub forma izvoarelor hidrotermale submarine.

După formă, temperatura apei și alte particularități se disting trei tipuri de izvoare hidrotermale:

1) *Izvoare fierbinți* (hot vents), cunoscute și sub numele de *fumarole negre* sau *fumegători negri* (Black Smokers). Acestea se prezintă sub forma unor hornuri înalte de până la 15 m prin care apa supraîncălzită (350°C), sterilă și anoxică, țâșnește cu o viteză de 2 m/s. În urma contactului acestei ape fierbinți cu apa rece din jur (de circa 2°C), sulfurile polimetalice precipită dând aspectul unor nori negri. Datorită bogăției în calciu, după amestecul cu apa de mare are loc precipitarea anhidridei și a sulfurilor minerale de fier, cupru, zinc etc. și formarea unor cratere în jurul deschiderii izbucului fierbinte. Apa eliminată conține mari cantități de H_2S eliberat din rocile bazaltice sau produse prin reducerea SO_2^{2-} din apa de mare, cuplată cu oxidarea Fe^{2+} din bazalt la Fe^{3+}.

2) *Izvoare calde* (warm hydrothermal vents) sau *fumegătorii albi* (White Smokers), care elimină o apă albăstruie-lăptoasă, bogată în hidrogen sulfurat, cu o temperatură de 150-270°C, care uneori poate să conțină oxigen. Craterul lor este înconjurat de colonii cu forma unor globuri albicioase ale viermelui *Alvinella pompejana*.

3) *Emanațiile de apă caldă*, care elimină o apă răcită la 15-40°C datorită amestecului cu apa de mare rece, care s-a infiltrat în stratul poros situat sub suprafața lavei recent solidificate. Apa este eliminată cu viteză mică (1-2 cm/s). Mediul marin înconjurător este rece și conține pe lângă H_2S un amestec de diverși compuși (CH_4, NH_3, hidrocarburi ușoare etc.).

Fauna izvoarelor hidrotermale

Fiecare sistem hidrotermal prezintă un set de specii dominante asemănător din punct de vedere ecologic, deși nu întotdeauna identic din punct de vedere taxonomic. Până la ora actuală au fost identificate peste 160 de specii noi pentru știință, toate endemice, multe altele rămânând încă nedescrise. Dintre formele dominante ale acestor izvoare hidrotermale pot fi menționate bivalvele mari *Calyptogena magnifica* (> 25 cm) și *Bathymodiolus thermophilus* și vestimentiferul *Riftia pachyptila*. Acesta din urmă aparține încrengăturii Pogonophora, poate atinge peste 1 m lungime și secretă tuburi de până la 3 m lungime. Aceste trei specii conducătoare trăiesc în asociație cu diferiți crabi, melci

(*Neamphalus pretterae*), numeroase polichete, amfipode, un sifonofor bentonic bizar şi enteropneuste (*Saxipendium coronatum*, denumit „viermele-spaghetti").

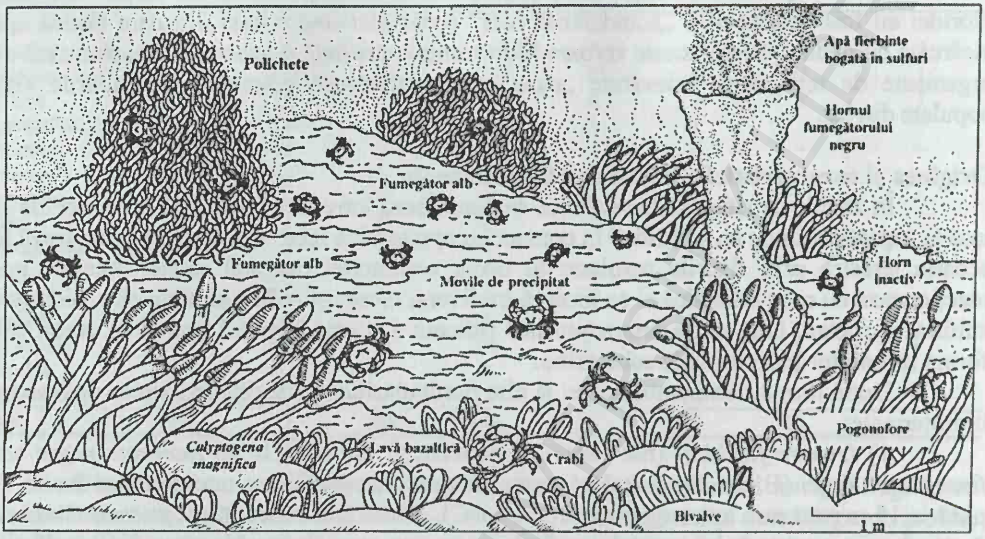


Figura 7.12 Reprezentare diagramatică a unei comunităţi tipice surselor hidrotermale (după Haymon şi McDonald, 1985, Nybakken, 1988)

Există o zonare a animalelor ce populează izbucurile hidrotermale în funcţie temperatura şi de compoziţia chimică a apei (fig. 7.12). Cele mai „termofile" sunt polichetele *Alvinella pompejana* („viermele de Pompei") şi *A. caudata*, care sunt limitate la gurile izvoarelor hidrotermale, unde temperatura este de 20-40°C. Ceva mai departe de izbuc se găsesc *Riftia*, *Calyptogena* şi *Bathymodiolus*. La periferie se dispun speciile care trăiesc la o temperatură apropiată cu temperatura ambientală.

Microbiota izvoarelor hidrotermale şi producţia chemosintetică

Organismele de talie mare din zona izvoarelor hidrotermale îşi datorează existenţa productivităţii primare realizate de bacteriile chemosintetizante. Hidrogenul sulfurat este folosit ca sursă de energie de către bacterii. Energia provine din oxidarea compuşilor reduşi, ca de exemplu hidrogenul sulfurat pe care bacteriile sulfoxidante (*Thiomicrospira pelophila*, *Beggiatoa*, *Thiobacills* şi *Thiothrix*) îl folosesc pentru a sintetiza materia organică din bioxidul de carbon. Consumatorii primari sunt diferite animale care filtrează bacteriile din masa apei, pasc filmul bacterian de la suprafaţa rocilor sau se hrănesc cu bacteriile înglobate ca organisme simbionte.

Acest din urmă caz este deosebit de interesant. Viermele vestimentifer *Riftia pachyptila* nu are tractus digestiv şi îşi procură hrana de la bacteriile chemosintetizante simbiotice conţinute într-un organ spongios special, numit trofozom. Moluştele bivalve *Calyptogena magnifica* şi *Bathymodiolus thermophilus*, deşi îşi mai păstrează capacitatea de filtrare a apei, îşi asigură cea mai mare parte a hranei cu ajutorul bacteriilor sulfoxidante simbiotice localizate la nivelul branhiilor. Pentru dezvoltarea acestor bacterii este necesar

hidrogenul sulfurat. Acesta este transportat spre bacteriile simbionte de către sistemul circulator al organismelor-gazdă. În condiții normale hidrogenul ar omorî aceste animale aerobe, deoarece sulfurile se combină cu citocromii, împiedicând transportul oxigenului şi deci respirația. De aceea, sângele acestor animale conține o hemoglobină specială care se poate combină atât cu sulfurile, cât şi cu oxigenul. Sulfurile sunt transportate de sânge către trofozom, unde acestea sunt folosite de către bacterii.

Structura comunităților hidrotermale submarine

Între organismele surselor hidrotermale se stabilesc relații trofice complexe. După cum s-a arătat, la baza lanțului trofic stau bacteriile chemoautotrofe. Populațiile de bacterii se dezvoltă în număr mare şi asigură în acest fel o sursă de hrană pentru animale ca polichetele, bivalvele, gasteropodele şi crabii. Unele animale se hrănesc direct cu aceste bacterii sulfuroase prin filtrare din masa apei sau le păşunează de pe substrat. Densitățile bacteriene cele mai mari sunt realizate în țesuturile nevertebratelor şi pe suprafața rocilor. Polichetele şi anemonele de mare se hrănesc cu materie organică provenită de la producătorii primari simbiotici sau cu bacterii libere. Dintre organismele prădătoare pot fi menționate decapodul *Bythograea thesmydon* şi peşti zoarcizi (*Pachycara* şi *Thermarces*), care se hrănesc cu *Riftia* şi crabul *Cynagraea praedator*, care se hrăneşte cu *Alvinella pompejana*, *A. caudata* şi *Paralvinella*.

Aceste comunități, deşi restrânse la mici suprafețe, de numai câteva sute de metri pătrați în jurul izbucurilor hidrotermale, au o productivitate foarte ridicată (19 μg C/g/h).

Fauna sistemelor hidrotermale este efemeră şi larg răspândită în toate oceanele. Longevitatea unor surse hidrotermale măsoară nu mai mult de câteva sute de ani. Au fost găsite surse hidrotermale „stinse", cu aglomerări de cochilii şi tuburi goale. O problemă încă nesoluționată este cum reuşesc animalele ce populează aceste izbucuri să se propage de la un izvor hidrotermal la altul, ştiut fiind faptul că acestea sunt situate la sute şi mii de kilometri depărtare unul de celălalt?

Cele mai multe specii hidrotermale se pare că au larve lecitotrofe, incapabile să se răspândească pe distanțe mari. Posibil că apa rece încetineşte dezvoltarea larvară şi întârzie metamorfoza, astfel încât acestea dispun de mai mult timp pentru a se răspândi.

7.3. COMUNITĂȚILE PELAGICE ABISALE

În timpul celui de-al doilea război mondial sonarele utilizate pentru măsurarea adâncimilor şi pentru detectarea submarinelor adeseori semnalau prezența unor pături reflectoare situate în masa apei la sute sau chiar mii de metri deasupra fundului. Aceste pături reflectoare din masa apei au fost denumite *straturi difuzante de adâncime* sau prescurtat DSL (*Deep Scattering Layers*). Adâncimea straturilor difuzante variază. În timpul zilei adesea erau prezente două sau trei pături la adâncimi cuprinse între 200 şi 700 m. Noaptea aceste straturi se deplasau către suprafață unde se contopeau într-un singur strat gros. Spre dimineață acest strat cobora din nou (fig.7.13).

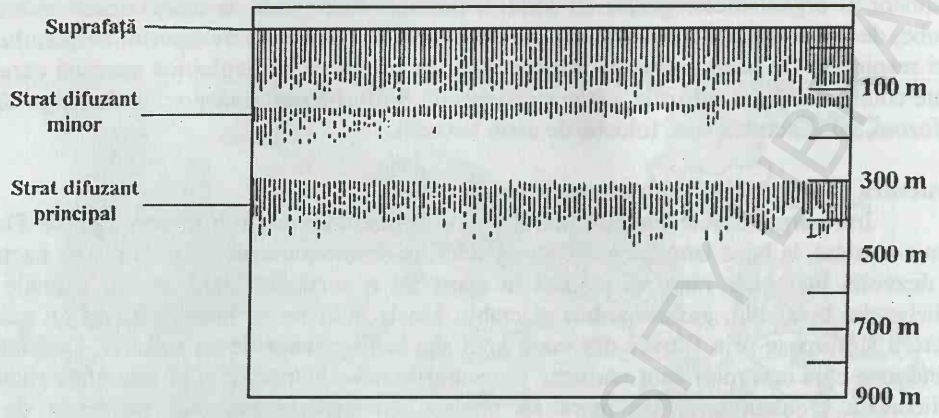


Figura 7.13 Ecogramă ce ilustrează prezența stratului difuzant de adâncime în Oceanul Indian (după Farquhar, 1970, din Nybakken, 1988)

Mai târziu s-a constatat că aceste straturi difuzante reprezintă aglomerări de organisme pelagice. Deplasările acestor pături către suprafață pe timpul nopții și revenirea lor spre adâncime din timpul zilei au fost puse pe seama migrațiilor pe verticală a acestor animale. Aceste concentrări de animale pelagice au fost identificate în toate oceanele cu excepția Oceanului Înghețat de Nord. Ele ating dezvoltarea maximă în zonele ale căror ape superficiale sunt foarte productive.

Compoziția specifică și distribuția comunităților pelagice abisale

Zona pelagică de mare adâncime este populată în special de pești mărunți aparținând familiilor Myctophidae (peștii-lanternă), Gonostomatidae și Sternoptychidae (peștii-secure), de crustacee eufauzide (krill) și decapode Sergestidae și Pasaphaeidae (fig. 7.14). În zona mezopelagică aceste grupuri reprezintă peste 80% din biomasă. În urma unei traulări din Oceanul Pacific în primii 1000 m s-a constatat că peștii reprezentau 20-45% din biomasa totală, crevetele 15-25%, iar eufauziaceele 35-50%. În afara acestor grupuri pot fi prezente alte crustacee cum sunt misidele, amfipodele și copepodele, săgețile de mare (Chaetognatha), diferiți calmari, sifonofore și scifomeduze.

În cadrul comunităților mezopelagice se disting două categorii de animale. Una dintre acestea cuprinde animale care nu migrează pe verticală, ca, de exemplu, anumiți pești (*Cyclothone*, *Stenoptyx*), misidaceele, unele crevete (sergestidele, penaeidele, carideele) și câteva eufauziacee, amfipode, cefalopode și cnidari. Cealaltă categorie include formele care realizează migrații diurne și poartă numele *faună interzonală* (Nybakken, 1988). Aceste animale stau la peste 450 m adâncime în timpul zilei și migrează în apele superficiale în timpul nopții pentru a se hrăni cu planctonul abundent de aici. Din această categorie fac parte aproape toți peștii mezopelagici (Myctophidae, Gonostomatidae) și majoritatea eufauziaceelor și decapodelor. Din acest motiv compoziția acestor comunități mezopelagice variază în funcție de zona geografică, de adâncime și de perioada zilei sau nopții.

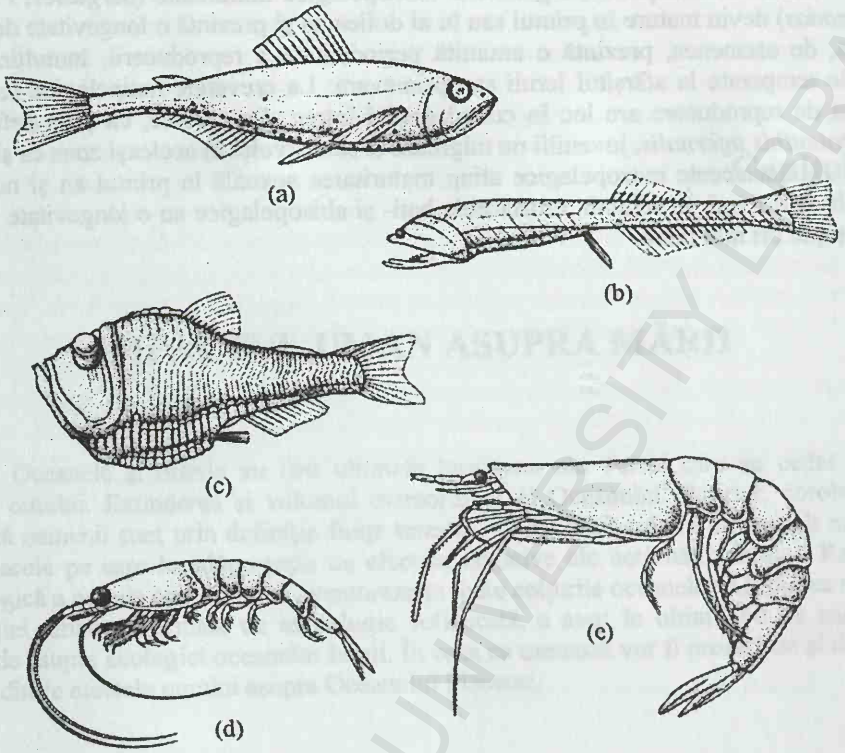


Figura 7.14 Reprezentanți ai grupelor majore de organisme din zona abisopelagică: (a) peștele-lanternă, *Tarletonbeania crenularis* (Myctophidae); (b) peștele *Cyclothone pallida* (Gonostomatidae); (c) peștele-secure, *Argyropelecus affinis* (Sternoptychidae); (d) crustaceul eufauzid *Euphausia pacifica*; (e) creveta *Sergestes similis* (după Nybakken, 1988)

Hrănirea și reproducerea organismelor mezopelagice

Peștii mezopelagici se hrănesc în principal cu crustaceele mici (copepode, eufauziacee, ostracode, amfipode și mici crevete decapode). Pe măsură ce peștii cresc în hrana lor încep să predomine crustaceele mai mari. În linii generale, se poate spune că peștii mezopelagici sunt prădători neselectivi, hrănindu-se cu tot ce se nimerește. Crustaceele decapode, la fel ca și peștii, nu sunt specializate pe consumul unui anumit tip de hrană, fiind prădătoare sau omnivore. În conținutul lor stomacal s-au găsit copepode, eufauziacee și alte crustacee mici. O anumită selectivitate în ceea ce privește hrana poate fi pusă în evidență la speciile care se hrănesc la diferite adâncimi.

Cei mai mulți pești și crustacee decapode mezopelagice au o longevitate mică. Peștii mictofizi și gonostomatizi devin maturi sexual după unu sau trei ani și probabil că nu trăiesc mai mult de 2-4 ani. Acești peștii prezintă anumite cicluri reproductive, depunându-și icrele primăvara și toamna. Stadiile larvare tinere ale ceratoidelor, mictofidelor, stomiatidelor și ale unor calmari se dezvoltă în păturile superficiale luminate ale apei, după care juvenilii migrează în adâncime pe măsură ce se maturizează și se metamorfozează.

Crevetele decapode ale genurilor mezopelagice dominante (*Sergestes*, *Pasiphaea* şi *Gennadas*) devin mature în primul sau în al doilea an şi prezintă o longevitate de 1-3 ani. Acestea, de asemenea, prezintă o anumită periodicitate a reproducerii, înmulţindu-se în regiunile temperate la sfârşitul iernii sau primăvara. La crevetele batipelagice se pare că perioada de reproducere are loc în cursul anului întreg. La crevete, ca şi la cefalopodul *Vampyroteuthis infernalis*, juvenilii nu migrează şi se dezvoltă în aceleaşi zone ca şi adulţii.

Eufauziaceele mezopelagice ating maturitatea sexuală în primul an şi nu trăiesc mai mult de doi ani. În schimb, crustaceele bati- şi abisopelagice au o longevitate de două până la şapte ori mai mare.

BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Capitolul 8

IMPACTUL UMAN ASUPRA MĂRII

Oceanele şi mările au fost ultimele bastioane ale Terrei care au cedat în faţa acţiunii omului. Extinderea şi volumul extraordinar al Oceanului Planetar, coroborat cu faptul că oamenii sunt prin definiţie fiinţe terestre, a ferit până relativ nu demult mările şi vieţuitoarele pe care le adăposteşte de efectele negative ale activităţii omului. Revoluţia tehnologică a permis omului să se aventureze în toate colţurile oceanelor. Creşterea rapidă a populaţiei umane, înarmată cu tehnologie sofisticată, a avut în ultimii 50 de ani efecte profunde asupra ecologiei oceanelor lumii. În ceea ce urmează vor fi prezentate şi discutate câteva dintre efectele omului asupra Oceanului Planetar.

8.1. RESURSELE BIOLOGICE ALE MĂRILOR ŞI OCEANELOR

Marea era considerată cândva drept o sursă inepuizabilă de alimente şi obiecte cu diferite utilizări. În prezent, realizările tehnicii au permis omului să se aventureze în cele mai îndepărtate părţi ale oceanelor şi să exploateze fără limite bogăţiile oceanului. Drept consecinţă, astăzi asistăm la reducerea drastică a multor populaţii de organisme marine şi la dispariţia completă a altora, concomitent cu creşterea populaţiei umane care are nevoie de cantităţi mereu crescânde de hrană.

La începutul secolului trecut cantitatea totală de produse marine (peşti, moluşte, crustacee, alge, balene, foci etc.) extrasă din Oceanul Planetar reprezenta mai puţin de 5 milioane de tone. De atunci s-a înregistrat o creştere anuală medie de 8%, astfel încât din 1960 şi până în 1970 pescuitul total al produselor mării a crescut de la 40,2 milioane la 70,5 milioane de tone, iar în 1989 s-a ajuns la o cifră de 86,4 milioane de tone. Din această cantitate peştele reprezenta peste 70 milioane de tone. Estimările biologilor arată că, pentru a nu perturba echilibrul biologic, în Oceanul Planetar în general se poate pescui anual nu mai mult de 100 milioane tone de peşte. Deşi încă nu s-a atins acest prag, în multe zone ale lumii există deja semne ale suprapescuitului. Astfel, în 1992 producţia marină totală a scăzut la 80 milioane de tone.

Dintre organismele marine cu valoare economică pe primul loc se situează peştii osoşi şi cei cartilaginoşi, urmaţi de cetacee, moluşte, crustacee, alge şi alte animale.

Peştii

Peştii alcătuiesc cea mai importantă sursă alimentară a mărilor şi oceanelor, reprezentând aproximativ 90% din totalul hranei de origine marină. Carnea lor are o valoare nutritivă ridicată şi reprezintă un aliment de bază pentru mulţi oameni de pe glob. Exploatarea resurselor piscicole marine asigură 16% din consumul mondial de proteine animale. Însă, nu toată cantitatea de peşte capturat este destinată consumului uman. O mare cantitate de peşte este destinată preparării făinii de peşte care este utilizată pentru hrănirea animalelor domestice. Ponderea acesteia în cadrul industriei pescuitului a crescut vertiginos de la 16% în 1958 la 45% în 1980. Peştii marini acumulează mari cantităţi de iod şi brom extrem de necesare omului. Din peştii carnivori din Marea Neagră au fost extrase enzime care hidrolizează celuloza, folosite cu succes în industria hârtiei şi celulozei. În diferite specii de peşti au fost identificate concentraţii foarte mari de *catepsine*, substanţe enzimatice întrebuinţate în industria pielăriei.

Aproape 75% din pescuitul de peşte este dat de doar 21 de specii din cele aproape 25.000 de specii de peşti (heringii, sardelele, hamsiile, codul, merluciul, chefalii, barbunii, scrumbiile, stavrizii, tonii, pălămidele, calcanii, cambulele, limbile de mare, salmonidele, selacienii etc.) (fig. 8.1).

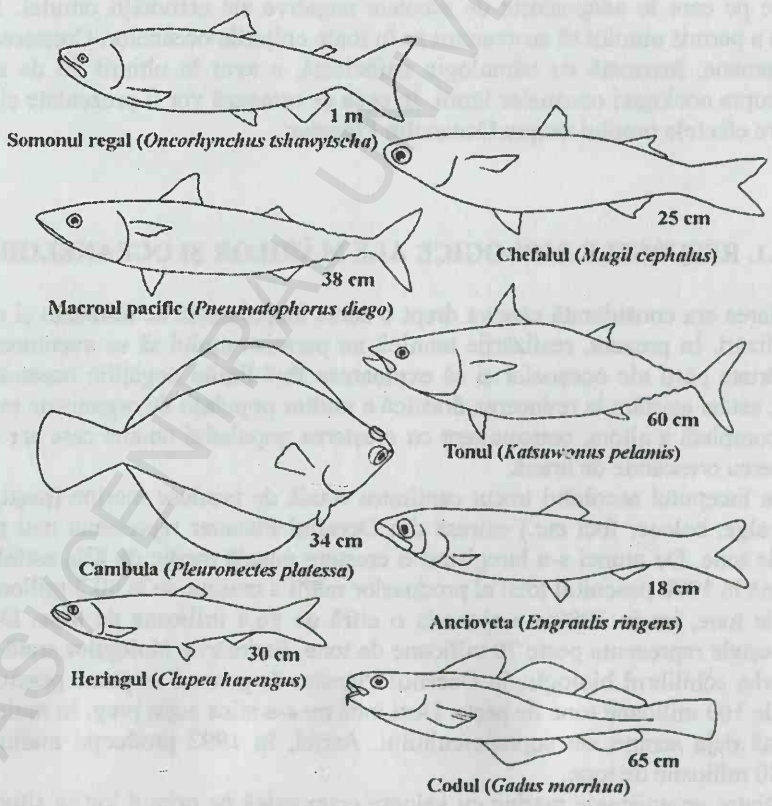


Figura 8.1 Specii de peşti cu o deosebită importanţă economică (după Nybakken, 1988)

În pescuitul oceanic sunt angajate peste 1,2 milioane de nave, cu o capacitate totală de 12 milioane tone şi, cu toate că în prezent cele mai mari flote de pescuit aparţin Chinei, Japoniei, Canadei, Norvegiei, Rusiei şi Statelor Unite ale Americii, ponderea ţărilor în curs de dezvoltare a crescut simţitor de la 27%, cât reprezenta în 1950, la aproape 50% în 1980 (tab. 8.1). Din păcate, capacităţile superioare de pescuit nu sunt folosite întotdeauna în mod raţional ca să permită regenerarea stocurilor de peşte. Dacă înainte succesul unui pescuit depindea adesea de experienţa sau de „intuiţia" căpitanului traulerului, acum bancurile de peşti sunt detectate de ultrason şi prinse cu năvoade de până la 35 de mile lungime. Cu ajutorul pompelor puternice cu care sunt dotate majoritatea traulerelor, norvegienii şi islandezii au scos şi puietul de peşte, epuizând practic numai în câţiva ani rezervele de heringi din Atlanticul de Nord. La fel au procedat şi peruanii, care au reuşit să distrugă stocurile de anciovetă (*Engraulis ringens*) în zona coastelor de vest ale Americii de Sud, specie care în trecut dădea aproape jumătate din cantitatea mondială de peşte prins.

Tabelul 8.1 Principalele zece naţiuni în ceea ce priveşte pescuitul marin (conform surselor FAO, 1993, din Summerhayes şi Thorpe, 1996)

Ţara	Cantitatea de peşte capturat ($\times 10^6$ t)	Cantitatea cumulată
China	13,1	13,1
Japonia	9,3	22,4
Rusia	9,3	31,6
Peru	6,9	38,5
Chile	6,0	44,5
SUA	5,5	50,0
India	4,0	54,0
Indonezia	3,2	57,2
Thailanda	3,1	60,3
Coreea de Sud	2,5	62,8

Anual în apele neritice şi în cele din largul oceanelor se pescuiesc circa 660 de mii de tone de rechini. De la rechini se foloseşte carnea, pielea şi grăsimea din ficat, care conţine de câteva zeci de ori mai multă vitamină A decât ficatul de cod. O cerere mare pe piaţă o are supa din înotătoarele de rechin. Astfel, numai în Japonia în fiecare an se usucă cca 150 mii t de înotătoare de rechin. O căutare mare au şi dinţii rechinilor, pentru care amatorii de suveniruri plătesc până la 2500 $.

Pescuitul oceanic este foarte neuniform distribuit în Oceanul Planetar, fiind determinat de bogăţia bazei trofice şi de gradul de exploatare a diferitor regiuni. Cei mai mulţi peşti sunt pescuiţi în zona pelagial-neritică, urmată în ordinea importanţei de apele din apropierea fundului platourilor continentale, de apele din apropierea fundului taluzurilor continentale şi din pelagialul oceanic. În zonele de upwelling, care ocupă mai puţin de 0,1% din suprafaţa totală a Oceanului Planetar, se pescuieşte aproape o jumătate din totalul capturii de peşte. Din cauza suprapescuitului, în prezent asistăm la o translaţie a pescuitului oceanic din emisfera nordică în cea sudică, din apele neritice spre cele din larg şi din apele superficiale în cele de adâncime.

O soluţie posibilă pentru rezolvarea crizei pescuitului mondial ar fi maricultura. În 1980 „fermele marine" au produs aproape 5 milioane de tone de peşte, Japonia situându-se pe primul loc cu o producţie de 845 mii de tone (îndeosebi somon). De altfel, încă din 1970 japonezii au construit în micul golf Hikita un baraj-crescătorie, unde sunt date în exploatare

400 de viviere submarine, care produc anual în jur de 2000 t de puiet de peşte. Sunt în studiu numeroase proiecte de creştere dirijată a peştilor în largul mării, în aşa-numitele „ferme plutitoare".

Mamiferele marine

Mamiferele marine prezintă o mare valoare economică, cele mai căutate fiind balenele, focile şi leii de mare. Balenele cu fanoane sunt vânate intens în regiunea antarctică pentru grăsime, carne, piele, oase etc. Grăsimea şi carnea balenelor constituie materii prime pentru fabricarea margarinei, a rujului de buze şi a unor alimente pentru păsări. Vânătoarea excesivă a balenelor, coroborată cu particularităţile biologiei lor (natalitate scăzută, longevitate mare) au dus la declinul dramatic al populaţiilor de balene (tab. 8.2). Dacă în sezonul 1930-1931 în Antarctica au fost vânate 25.000 de balene albastre (*Balaenoptera musculus*), în sezonul 1963-1964 au fost prinse numai 112 exemplare. Diminuarea populaţiei de balenă albastră i-a determinat pe vânătorii de balene să se orienteze către vânătoarea balenei comune (*Balaenoptera physalus*), astfel că între anii 1955 şi 1961 în fiecare sezon erau vânate peste 25.000 de exemplare din această specie. Până în 1965 efectivul speciei a scăzut la mai puţin de 2500 exemplare, iar în anii 1974-1975 la mai puţin de 1000. Capturile balenei Sei (*Balaenoptera borealis*) s-au redus de la 25.453 exemplare în 1964-1965 la numai 3.859 exemplare în 1974-1975. S-a calculat că numai în prima jumătate a secolului trecut flotilele de baleniere au ucis doar în apele Antarcticii aproximativ 1,3 milioane de exemplare! În vederea reglementării vânătorii de balene în 1946 a fost înfiinţată Comisia Balenieră Internaţională (International Whaling Commission).

Tabelul 8.2 Modificarea efectivelor unor mamifere marine (după Ayures, 1993, din Weber, 1994)

Specia	Populaţia din trecut	Populaţia în prezent
Balena albastră (*Balaenoptera musculus*)	200.000	2.000
Balena dreaptă (*Eubalaena australis*)	200.000	3.000
Balena de Groenlanda (*Balaena mysticetus*)	120.000	6.000
Balena cu cocoaşă (*Megaptera novaeangliae*)	125.000	10.000
Balena Sei (*Balaenoptera borealis*)	200.000	25.000
Balena comună (*Balaenoptera physalus*)	470.000	110.000
Balena nordică (*Eubalaena glacialis*)	10.000	350
Balena cenuşie (*Eschrichtius robustus*)	50.000	8.500
Leul de mare al lui Steller (*Eumetopias jubatus*)	154.000	66.000
Foca cu blană Juan Fernández (*Arctocephalus philippii*)	4.000.000	600
Foca-călugăr hawaiană (*Monachus schauinslandi*)	2.500	1.000
Vaca de mare a lui Steller (*Hydrodamalis gigas*)	dispărută din 1768	–
Nurca de mare (*Mustela macrodon*)	dispărută din 1894	–
Foca-călugăr caraibiană (*Monachus tropicalis*)	200	dispărută din 1952

O altă specie vânată intens de om este caşalotul (*Physeter catodon*). Spermanţetul de caşalot este foarte căutat pentru industria cosmetică. Intestinele caşaloţilor pot conţine ambra, un produs foarte apreciat în parfumerie. Grăsimea lor serveşte la fabricarea uleiurilor şi margarinei. Delfinii sunt vânaţi pentru grăsime şi uleiuri care sunt folosite la gresarea ceasurilor şi altor instrumente fine. Focile sunt căutate pentru blana lor, în special cea a puilor de 7 săptămâni, care au o blăniţă albă imaculată, cunoscută în comerţ sub numele de „whitecoat". Numai flota vânătorilor de la Terra Nova aducea până la 500.000

de blăniţe anual. Eschimoşii obţin din foci tot ce le trebuie: grăsime, carne, untură, haine, nervi şi tendoane pentru cusut etc.

Moluştele

Moluştele sunt cele mai larg utilizate nevertebrate în hrană de către om. Cefalopodele conţin proteine foarte valoroase şi sunt folosite în alimentaţie atât direct, cât şi sub formă de conserve. Din cantitatea totală de cefalopode capturate (1,63 milioane de tone) 80% o reprezintă calmarii (*Loligo*, *Todarodes*, *Ommathostrephes* etc.) şi câte 10% sepiile (*Sepia*, *Sepiola*, *Rossia*) şi caracatiţele (*Octopus vulgaris*). Din *Sepia officinalis* se extrage cerneala, folosită la fabricarea adevăratului tuş de China. Cochiliile de sepii, sepioanele, sunt folosite ca adaos de calcar pentru păsările de colivie şi cele de curte.

Carnea scoicilor are calităţi deosebite, mai ales prin conţinutul ei în vitamine (în special vitaminele B şi C). Stridiile (*Ostrea*, *Crassostrea*) sunt cele mai apreciate moluşte, atât în stare crudă, cât şi fiartă. Acestea reprezintă aproximativ 20% din totalul moluştelor capturate (1,02 milioane de tone). Carnea stridiilor este bogată în glicogen, putând ajunge până la 9% din greutatea vie. Stridiile conţin, de asemenea, mari cantităţi de cupru, mangan, zinc şi fier. În unele regiuni ale lumii (SUA, Franţa, Olanda, Italia, Danemarca, Japonia, Australia, Filipine, Brazilia, Chile, Peru) stridiile formează obiectul unor largi crescătorii, în aşa-numitele „parcuri de stridii". În aceste crescătorii producţia anuală poate atinge 90 t/ha sau chiar 130 t/ha.

Midiile (*Mytilus edulis*, *Mytilus galloprovincialis*) sunt folosite în multe regiuni ale lumii ca aliment (14% din cantitatea de moluşte sau 750 mii de tone). Procentul de carne consumabilă este mult mai mare (de circa 46%). În Spania cultura intensivă a midiilor pe suporturi tridimensionale dă o producţie de până la 300 t/ha.

Specii ale genului *Pecten* dau 10% din cantitatea de moluşte capturate (530 de mii de tone). În SUA se cresc anual peste 10 mii tone de *Pecten*.

Alte bivalve consumate în diverse regiuni sunt *Cardium*, *Pinctada*, *Tridacna*, *Hippopus* şi *Tapes*. În Insulele Filipine se cultivă specia *Placuna placenta*. Carnea ei este mâncată, iar valvele sfărâmate se amestecă cu mortarul pentru clădirea caselor.

Din speciile de bivalve cu cochilia sidefată se confecţionează nasturi, plăsele de cuţite, incrustaţii de sidef la diferite obiecte lucrate artistic. Foarte preţuite sunt perlele produse de scoica perligenă *Pinctada margaritifera*.

Gasteropodele (*Haliotis*, *Patella*, *Littorina*, *Buccinum*) sunt folosite ca hrană mai ales în Insulele Filipine şi Japonia. Multe din ele sunt utilizate la confecţionarea nasturilor de sidef sau ca obiecte de podoabă (*Trochus*, *Haliotis*). Multe cochilii, prin frumuseţea lor, servesc ca obiecte de decor şi de podoabă. Unele specii de *Conus* sunt plătite de colecţionari cu sume fantastice. La unele popoare cochiliile de *Cypraea moneta* au servit până relativ nu demult drept monedă. Fenicienii, grecii şi romanii extrăgeau din glanda hipobranhială a speciilor *Murex* şi *Purpura* un pigment, purpura, cu care colorau stofele.

Crustaceele

Dintre crustaceele cu mare valoare comercială pe primul loc se situează diferitele specii de crevete (*Crangon*, *Penaeus*, *Parapenaeus*, *Pandalus*, *Palaemon* etc.), anual fiind pescuite 1,78 milioane de tone. Crevetele constituie obiectul unei mariculturi deosebit de dezvoltate în ţările Asiei de sud-est, unde productivitatea poate ajunge la 8-16 t/ha/an. Crabii şi pagurii dau circa 800 de mii de tone pe an, dintre care se utilizează *Paralithodes*

camtscatica, *P. platypes*, *Callinectes sapidus*, *Cancer*, *Carcinus* etc. Homarii (*Homarus vulgaris*, *H. americanus*, *Nephrops norvegicus*) şi langustele (*Palinurus vulgaris*) dau o producţie anuală de 190 de mii de tone. Aceste crustacee de talie mare sunt foarte căutate, au o mare valoare nutritivă, iar un singur exemplar poate cântări până la 10-15 kg. În ultima vreme au început să fie exploatate populaţiile de krill (*Euphausia superba*), ce dau până la 230 de mii de tone (fig. 8.2). Aceşti răcuşori planctonici, care formează aglomerări considerabile în Antarctica, reprezintă hrana de bază a balenelor, focilor şi numeroaselor păsări. Reducerea populaţiilor de balene face ca o mare parte din populaţiile de krill să fie neutilizată, omul putând pescui anual până la 50 milioane de tone de krill fără a perturba efectivele lor.

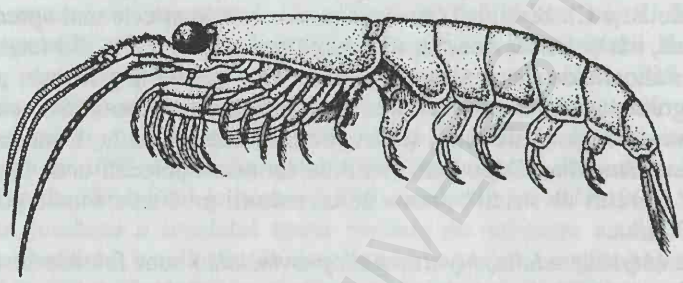


Figura 8.2 Krill-ul, *Euphausia superba*, ce formează aglomerări impresionante în apele reci ale emisferei australe (după Nybakken, 1988)

Algele marine

Astăzi algele marine sunt recoltate în cantităţi ce depăşesc 3 milioane de tone. Multe specii de alge sunt întrebuinţate direct în alimentaţia omului, mai ales în ţările asiatice (Japonia, China, Indonezia, Filipine şi Oceania). Acestea sunt consumate în stare crudă, uscate sau fierte. În Japonia consumul algelor reprezintă 3% din consumul total al orezului. Cea mai mare importanţă o are o specie japoneză de „varză de mare" (*Laminaria*). Din alga roşie *Porphyra lacininiata* se extrage un produs numit „nori" care este folosit la prepararea de suşi şi a altor alimente. De asemenea, în hrana omului se mai utilizează algele brune *Alaria esculenta*, *Chondrus crispus*, *Undaria* şi *Gloilopeltis*, algele roşii *Rhodimenia palmata* şi *Laurencia pinnatifida* şi algele verzi *Ulva lactuca* şi *Enteromorpha*. Algele marine au o valoare energetică foarte mare, sunt bogate în proteine (3-6%), stimulează apetitul, aprovizionează organismul cu săruri, vitamine (A, B_1, B_2, B_{12}, C, D şi E) şi microelemente necesare (iod, fosfor, mangan, cupru, fier). În special *Enteromorpha* este bogată în vitamina C, care poate conţine până la 230 mg% ţesut proaspăt. Nori (*Porphyra*) este mai bogată în proteine chiar decât orezul şi este uşor digerabilă. De aceea algele pot deveni o soluţie a problemei alimentaţiei pentru populaţia care suferă de foame.

În ţările europene destinaţia de bază a algelor este ca adaos furajer sau concentrate pentru unele animale domestice (oi, cai, porci, păsări), care digeră destul de bine algele. În unele ţări sărace în pajişti, cum ar fi insulele nordice şi Norvegia, din diferite alge se obţine o făina care se adăugă în hrana animalelor în proporţie de 10-15%. În multe părţi din nordul Europei şi Americii algele uscate şi măcinate se folosesc ca fertilizanţi şi îngrăşământ

pentru terenurile calcaroase. Pe lângă conținutul ridicat de P, K și N, ele contribuie la îmbunătățirea calității și texturii solului (permit o hidratare și afânare mai bună).

Foarte larg sunt utilizate macrofitele și produsele prelucrării lor în diferite ramuri ale industriei. În industria alimentară o utilizare largă o au produsele prelucrării algelor marine – agarul, alginații, caragheninul și agaroidul. Algele au găsit utilizare în parfumerie, pentru fabricarea coloranților, din ele se obține materie primă pentru fabricarea materialelor pentru căptușire, de peliculă de ambalaj, pentru prepararea unor unguenți extrafini, reagenți care preîntâmpină depunerea pietrei și în multe alte domenii. În industria textilă se duc cercetări intense pentru întărirea și „înnobilarea" fibrelor de alge.

Algele au și o puternică acțiune antibiotică. Din unele alge verzi s-au extras unele antibiotice. Din alge uscate și incinerate se extrag iodul, bromul și potasiul.

În ultimele decenii algele sunt utilizate ca surse de alginați (săruri ale acidului alginic), substanțe coloidale cu numeroase proprietăți utile. Acidul alginic extras din *Laminaria*, *Fucus*, *Ascophyllum*, *Macrocystis*, *Nedocystis* se folosește în industria maselor plastice, cea textilă (dă o rezistență mai mare firelor de lână și altor fibre sintetice, este utilizat ca mordant în colorarea fibrelor sau ca substanță de apretare), în cosmetică și farmacie pentru prepararea pastei de dinți, excipienților pentru pastile, în cofetărie (ca emulsionant pentru creme și înghețate), în industria conservelor și celulozei etc.

Agar-agarul se obține mai ales din algele roșii ca *Gelidium*, *Chondrus*, *Pterocladia*, *Phyllophora*, *Euchema*, *Gracilaria*. Agar-agarul este utilizat în microbiologie ca mediu de cultură, în industria alimentară ca stabilizator al emulsiilor (jeleuri, înghețate), cea farmaceutică (laxative), textilă, cosmetică, în stomatologie, în fotografie etc.

Caraghenul, obținut în special din alga *Chondrus crispus*, este folosit la îngroșarea brânzei și înghețatei, la fabricarea pastei de dinți etc.

Este posibilă utilizarea algelor pentru nevoile energeticii, prin transformarea lor în gaz-metan. Un interes mare de exploatare prezintă în special algele microscopice, cele mai potrivite pentru cultivare fiind algele unicelulare verzi. Aceste alge sunt foarte bogate în glucide (până la 35%), substanțe azotoase (până la 45%) și grăsimi (până la 10%).

Algele sunt cultivate pe scară largă în Japonia și Filipine, unde se obține peste un milion de tone pe an. Algele pot da până la 150 t/ha de masă verde.

Fanerogamele marine (iarba de mare *Zostera* și inul de mare *Phyllospadix*) sunt utilizate la fabricarea hârtiei, țesăturilor, materialelor de tapițerie și îngrășămintelor minerale.

Cercetările științifice tot mai intense din ultimul deceniu au avut drept scop cunoașterea situației rezervelor și cantităților exploatabile, a condițiilor de mediu și influența lor asupra vieții marine, urmărindu-se în același timp perfecționarea mijloacelor tehnice de identificare, capturare, prelucrare și depozitare a producției marine, pentru realizarea unui pescuit rațional și eficient în Oceanul Planetar. În acest sens se preconizează să fie protejate rezervele în zonele de pescuit tradiționale, situate cu precădere pe platformele continentale, să se extindă zonele de pescuit din Oceanul Indian și din Pacificul de Sud – insuficient exploatate – să se treacă la pescuitul animalelor marine încă nefolosite din larg și din zonele de adâncime și mai cu seamă să se dea o dezvoltare tot mai intensă mariculturii.

Alte animale

O importanţă relativ mare în pescuit o au echinodermele, care contribuie cu aproximativ 56 de mii de tone. Cea mai mare parte revine aricilor de mare (în jur de 60%), de la care sunt consumate icrele (*Arbacia*, *Strongylocentrotus lividus*, *Echinus esculentus*, *Echinarechinus*), pe locul doi se află castraveţii de mare, mai ales holoturia cunoscută din Extremul Orient sub numele de „trepang" (*Stichopus japonicus*, *Cucumaria*). Se pescuiesc şi cantităţi mari de stele de mare care sunt folosite la fabricarea făinei furajere şi a îngrăşămintelor.

În Oceanul Pacific partea epitocă a polichetului *Eunice viridis*, cunoscut sub numele de „palolo", este consumată de către băştinaşi. În zone ale Asiei este folosit în alimentaţie tunicatul *Cynthia*, în special pentru conţinutul său bogat în vanadiu. Un interes alimentar ridicat îl prezintă broaştele ţestoase marine şi ouăle lor.

Spongierii cornoşi cu scheletul moale, format numai din fibre de spongină (*Euspongia officinalis* şi *Hippospongia equina*), se utilizează ca burete de baie sau pentru ştersul tablei. Bureţii de mare se exploatează intens în Golful Mexic, insulele Bahamas, Mediterana Orientală şi Marea Roşie. Scheletul unor spongieri silicioşi este folosit ca ornament şi podoabă şi uneori ca simbol, în special la japonezi, ca de exemplu „coşuleţul Venerei" (*Eupectella aspergillum*).

Mult căutat este mărgeanul roşu (*Corallium rubrum*) din care se confecţionează mărgele şi alte obiecte de podoabă. De asemenea, mărgeanul negru (*Euplexaura antipathes*), răspândit în Oceanul Indian de vest şi Marea Roşie, este prelucrat în obiecte de podoabă. Unele meduze ca *Rhopilema* sunt mâncate în China şi Japonia. Politoxina extrasă dintr-un celenterat marin este o substanţă ce va putea fi utilizată cu efect terapeutic la tratarea maladiilor cardiovasculare.

8.2. POLUAREA MEDIULUI MARIN

Pentru cei mai mulţi dintre noi marea este întruchiparea purităţii. Nu întâmplător marii producătorii de detergenţi sintetici folosesc acest simbol al curăţeniei apei în reclamele pentru produsele lor. Relativ până nu demult o sintagmă de genul „poluarea mării" suna de-a dreptul ridicol. Dar de câteva zeci de ani încoace opinia publică a început să fie indignată de apariţia petelor uleioase de petrol în zona plajelor, iar moartea păsărilor din această cauză a impus luarea unor măsuri urgente. În 1954 a fost încheiată prima Convenţie Internaţională de luptă împotriva poluării mării cu produse petroliere de către nave. Abia în 1959 la Berkeley (SUA) a avut loc primul congres internaţional pe aceste probleme. În 1970 sub auspiciile F.A.O. la Roma a avut loc Conferinţa Internaţională privind consecinţele poluării apelor marine, cu referiri speciale la resursele piscicole, iar în 1973 la Beirut s-a ţinut o consfătuire internaţională privitoare la pericolul grav al poluării din Marea Mediterană. În 1972 la Londra a fost încheiată o convenţie internaţională pentru prevenirea poluării de către nave a apelor marine cu hidrocarburi şi alte substanţe nocive, care interzicea descărcarea în ocean a substanţelor cu un grad ridicat de toxicitate sau a celor puternic radioactive, iar din 1983 s-a adoptat un moratoriu privind deversarea deşeurilor cu radioactivitate scăzută. O serie de bazine maritime, printre care şi Marea

Neagră, au fost declarate zone închise, în care se interzice deversarea reziduurilor de orice natură sau depozitarea lor la țărmuri.

Poluarea cu produse petroliere

În ultimii 30 de ani extracția de petrol a crescut de mai bine de zece ori. Se apreciază că această creștere va continua și în viitor. Din cele 2,8 miliarde de tone de petrol care se extrag anual, o mare parte este transportată pe mare. În fiecare an tancurile petroliere transportă spre locul de destinație 1,5 miliarde tone. În zona platformelor continentale au fost forate circa 28 de mii de sonde care extrag 440 de milioane de tone de țiței. Numai la nivelul anului 1970 în mare s-au deversat în total între 5 și 10 milioane de tone de țiței.

Principalele surse de poluare cu petrol sunt: (1) scurgerile de la terminalele marine și din porturi; (2) scurgerile de la platformele petroliere; (3) scurgerile provocate în urma accidentelor navale; (4) deversările rezultate în urma spălării tancurilor petroliere și evacuării apei de santină. La acestea se adaugă scurgerile inerente provenite de la tubulatura navelor cu propulsie mecanică. Un tanc petrolier de 100 de mii de tone poate deversa în apele marine la fiecare călătorie a sa cel puțin 500 de tone de hidrocarburi.

Accidentele marine catastrofale din ultimii 50 de ani, în care au fost implicate uriașe tancuri petroliere, au atras atenția comunității internaționale asupra pericolului poluării cu petrol. Prima deversare de țiței de mari proporții a avut loc la 18 martie 1967, când tancul petrolier „Torrey Canyon" s-a rupt în două în preajma coastelor sud-vestice ale Marii Britanii și cele nord-vestice ale Franței. În urma acestui accident în ocean s-au vărsat 117.000 tone de țiței brut care au acoperit coastele peninsulelor Cornwall și Bretagne cu o adevărată „maree neagră" pe zeci de kilometri lungime. Acest eveniment nefast a avut efecte dezastruoase nu numai asupra faunei și florei zonelor respective, ci și asupra locuitorilor din acele regiuni, deoarece a contaminat și a distrus produsele marine cultivate în zonă (stridii, midii, homari). Un efect chiar mai dezastruos asupra faunei și florei marine au avut detergenții utilizați pentru dispersarea petelor de petrol.

La 6 ianuarie 1975 petrolierul japonez „Showa-Maru" a eșuat în Strâmtoarea Malacca, în zona portului Singapore, deversând 238.000 tone de țiței.

Pe 16 martie 1978 supertancul petrolier „Amoco Cadiz" a naufragiat în largul coastelor Bretaniei (Franța), provocând scurgerea a 220.000 tone de petrol, din care o treime a ajuns la coastă, contaminând 320 km de țărm. Acest accident a omorât numeroase păsări marine și organisme bentonice și a dus la pagube economice imense prin devastarea bancurilor de stridii (Dauvin, 1982).

În martie 1989 petrolierul „Exxon Valdez" a eșuat pe un recif din Strâmtoarea Prince William (Alaska) și a deversat aproximativ 11 milioane de galoane de petrol. Mii de mamifere marine și păsări de apă au fost omorâte și mii de kilometri de coastă au fost acoperite de petrol.

În noiembrie 2002 tancul petrolier „Prestige", care transporta 77 milioane tone de țiței, s-a scufundat în timpul unei furtuni din largul coastelor Galiției (Spania de nord-vest). În urma acestui accident în Oceanul Atlantic s-au scurs 20.000 de tone de țiței. Spania a fost confruntată cu o adevărată catastrofă ecologică în timpul căreia sute de păsări, inclusiv speciile periclitate de procelariiforme baleare, au murit.

Cu consecințe la fel de nefaste a fost și catastrofa care a avut loc în 1969 în largul coastelor Californiei, în dreptul cunoscutei stațiuni Santa Barbara, unde una dintre sondele

de extracţie a petrolului din apele Pacificului a pierdut în ocean 1000 t de petrol înainte ca aceasta să poată fi închisă, acoperind cu un strat de ţiţei mâlos o suprafaţă de 2000 km^2. Plajele au fost poluate şi ele pe mai mulţi kilometri de-a lungul coastei. În 1979 platforma de foraj marin „Ixtoc I" din Golful Mexic a explodat, deversând între 450.000 şi 1,4 milioane de tone de ţiţei în răstimpul celor 295 de zile cât nu a putut fi stopată scurgerea. Un accident asemănător s-a produs în 1977 în Marea Nordului în terenul petrolier Ekofisk, când platforma „Alexander Kielland" a fost răsturnată în urma unei furtuni.

Peliculele de petrol şi detergenţii utilizaţi pentru spălarea tancurilor petroliere, după ce conţinutul lor a fost descărcat, constituie o importantă sursă de impurificare, deoarece produsele petroliere, nefiind miscibile cu apa, persistă un timp îndelungat la suprafaţa apei. O singură tonă de petrol poate acoperi o suprafaţă de 12 km^2.

Acţiunea toxică a produselor petroliere variază în funcţie de compoziţia lor chimică şi de tipul organismelor afectate. Astfel, petrolul rafinat conţine o proporţie mai ridicată de compuşi aromatici toxici (40-50%) comparativ cu petrolul brut (sub 5%). Produsele petroliere au o acţiune nocivă asupra reproducerii nevertebratelor, afectează rata de supravieţuire şi dezvoltarea icrelor şi larvelor de peşti, reduce productivitatea fitoplanctonului. Peliculele compacte de petrol răspândite la suprafaţa mării împiedică schimbul gazos între apă şi atmosferă, putând suprima practic oxigenarea apei, mai cu seamă în zonele litorale şi în golfuri, unde asemenea poluanţi persistă timp mai îndelungat.

Peliculele plutitoare de petrol au o acţiune deosebit de nefastă asupra păsărilor marine, deoarece în cazul acoperirii penajului lor cu petrol acesta îşi pierde calităţile termoizolante şi păsările mor de hipotermie. De asemenea, petrolul lipit de pene împiedică zborul păsărilor şi acestea mor adesea din cauza inaniţiei. S-a estimat că în zona insulelor Britanice în fiecare an între 50 şi 250 mii de păsări marine devin victime ale „mareei negre".

O serie de măsuri, cum ar fi interzicerea deversării oricăror reziduuri petroliere în apele internaţionale, folosirea apei ca lest în cisternele de combustibil, obligaţia navelor mari să dispună de separatoare proprii, compartimentarea şi dublarea pereţilor tancurilor petroliere, sunt menite să diminueze efectele poluării prin eliminarea hidrocarburilor în apele mărilor şi oceanelor. Dar prevenirea naufragiilor navale petroliere şi a pierderilor de ţiţei din sondele marine constituie probleme deosebit de acute, care până în momentul de faţă nu par a avea o soluţie sigură.

Poluarea cu substanţe organice şi eutrofizarea

În natură există asociaţii întregi de descompunători care s-au specializat în utilizarea şi degradarea substanţelor organice din apele menajere. În apele marine acest proces are loc sub acţiunea bacteriilor cu consum de oxigen. Atunci când cantitatea de oxigen este insuficientă, procesul de degradare se petrece foarte lent, se formează produse ale descompunerii urât mirositoare, iar calitatea apei se modifică.

În general apele menajere nu prezintă o ameninţare pentru mare, dar în golfurile izolate sau în estuare posibilităţile de autoepurare devin insuficiente, iar rezervele de oxigen ajung la limită. În locurile unde apele uzate menajere ale marilor oraşe sunt evacuate direct în mare sau în zonele de depozitare a deşeurilor organice solide se creează zone azoice. Simultan aici se produc schimbări ale comunităţilor de animale, în sensul că speciile mai tolerante elimină pe cele sensibile.

Industria de prelucrare a peştelui aruncă deşeurile împreună cu cele menajere în râuri numai după îndepărtarea parţială a grăsimilor. Descompunerea acestor deşeuri de către bacterii în apele costiere, constituite în principal din proteine, nu prezintă greutăţi deosebite atât timp cât apa conţine cantităţi suficiente de oxigen. Întreprinderile de prelucrare a peştelui pot evacua o cantitate de apă reziduală echivalentă cu a unui oraş cu o populaţie de 100.000 de locuitori. Probleme deosebite creează fabricile de celuloză şi hârtie, deoarece lignina şi celuloza se descompun foarte greu şi evacuarea lor în mare duce la apariţia zonelor lipsite de viaţă.

Ca şi în cazul apelor dulci, îmbogăţirea apelor neritice cu substanţe nutritive duce la apariţia fenomenului de *eutrofizare*. Dacă în apele continentale acest proces are îndeosebi cauze naturale, în mediul marin eutrofizarea este provocată de activitatea antropică (Zaitsev, 1991).

Principalele surse ale eutrofizării sunt: (1) agricultura care foloseşte excesiv îngrăşămintele minerale, ceea ce duce la levigarea acestora de pe terenurile agricole şi care ajung în cele din urmă în mare; (2) industria chimică şi arderea combustibililor fosili, care elimină în atmosferă oxizi de azot care apoi ajung în oceane sub formă de nitraţi cu apa de precipitaţii şi care împreună cu compuşii sulfului contribuie la formarea *ploilor acide*; (3) industria detergenţilor, deoarece mulţi detergenţii conţin până la 40% de săruri de fosfor; (4) marile oraşe situate de-a lungul coastei, care deversează apele uzate în mare; (5) deşeurile animale provenite de la abatoare şi din industria alimentară, care în urma descompunerii eliberează azotul şi fosforul în straturile superficiale ale apei marine.

În diferite zone ale mărilor şi oceanelor predomină diferite surse de îmbogăţire a apei în elemente biogene. Astfel, în cazurile în care există mari aşezări urbane în apropierea unor golfuri, principala sursă a eutrofizării o constituie deversarea de ape reziduale menajere. În zonele din apropierea estuarelor şi deltelor sursa majoră de nutrienţi este reprezentată de aportul de ape continentale, în timp ce în zonele din larg aceasta este reprezentată de apa provenită din precipitaţii.

Procesul de eutrofizare antropică a apelor costiere reprezintă una dintre cele mai dăunătoare influenţe umane asupra mărilor şi oceanelor lumii. Acest proces induce în apele naturale o serie de fenomene inter-conexe, reunite sub numele generic de „sindrom de eutrofizare" (Gomoiu, 1985).

În primul rând, eutrofizarea se manifestă prin dezvoltarea exagerată a algelor planctonice, fenomen cunoscut sub numele de *înflorire a apelor* sau *maree roşie* (Zaitsev, 1991). Consecinţele acestei dezvoltări exponenţiale a microfitelor pelagice constau în modificarea proprietăţilor organoleptice ale apei, aceasta căpătând o culoare particulară, dependentă de felul algei, un miros specific şi o consistenţă gelatinoasă, făcând-o astfel improprie pentru scăldat. Particulele de aerosoli din zonele cu înfloriri pot să conţină substanţe toxice sau microorganisme. Reducerea transparenţei apei şi a penetrabilităţii radiaţiilor solare, ca urmare a înmulţirii fitoplanctonului, duce la reducerea suprafeţelor ocupate de macrofite şi la dispariţia speciilor de alge cu suprafaţa relativă mică.

Pentru animalele bentonice efectul cel mai nociv al „înfloririi" apelor îl reprezintă scăderea concentraţiei de oxigen dizolvat în apă din păturile de apă de contact ca urmare a proceselor de descompunere de către microorganisme a algelor planctonice moarte, care cad pe fund sub forma aşa-numitei „ploi de cadavre". Instalarea *hipoxiei* sau chiar a *anoxiei* pe zone vaste de fund marin determină mortalitatea în masă a formelor bentonice, inclusiv

peştii. Degradarea substanţelor organice provenite de la organismele moarte în condiţii anaerobe duce la formarea de hidrogen sulfurat toxic.

Eutrofizarea apei duce în timp la declinul biodiversităţii şi la schimbarea raporturilor cantitative dintre specii. Astfel, în biocenozele afectate de eutrofizare predomină speciile oportuniste (*sensu* Grassle & Grassle, 1974), adică acele specii care se dezvoltă în masă în condiţiile simplificării structurii cenotice (fig. 8.3).

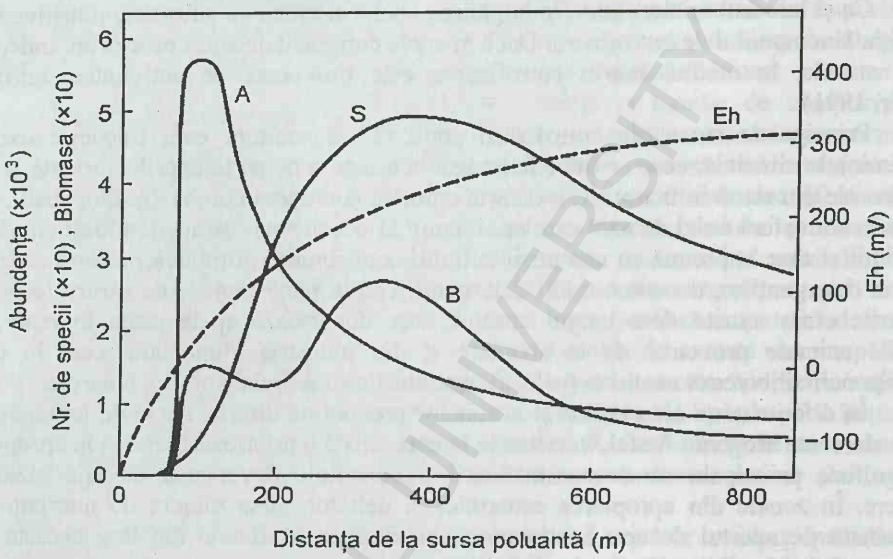


Figura 8.3 Reprezentare schematică a modificărilor suferite de macrofauna bentonică în cazul unei poluări cu materii organice: (*A*) numărul indivizilor; (*S*) numărul speciilor; (*B*) biomasa totală; (*Eh*) potenţialul redox (după Pearson, 1980, din Parsons et al., 1990)

Eutrofizarea apelor neritice ale mărilor şi oceanelor a evoluat rapid în ultimii 30-40 de ani ca rezultat al unor activităţi agricole şi industriale intensive. Totuşi, gradul de eutrofizare pentru fiecare bazin acvatic în parte depinde de anumite particularităţi geografice, fizice, chimice şi biologice.

Marea Neagră, ca obiect al eutrofizării antropice, a atras atenţia specialiştilor încă de la sfârşitul anilor '60. Potrivit lui Odum (1971), sursa principală a eutrofizării este aportul continental de ape sau *outwelling-ul*. Deoarece în partea de nord-vest a Mării Negre (din care face parte şi litoralul românesc) sunt localizate gurile de vărsare ale celor mai mari fluvii din acest bazin – Dunărea (cu un debut anual de 208 km^3), Nistrul (10,2 km^3/an) şi Niprul (51,2 km^3/an), aici s-a observat creşterea cea mai însemnată a concentraţiei substanţelor biogene însoţită de o dezvoltare extraordinară a abundenţei şi biomasei planctonice. În prezent, concentraţia de nitraţi din apele costiere româneşti este de cinci ori mai mare faţă de cea din anii 60-70, cea a fosfaţilor de 25 ori, iar cea a substanţei organice de 1,2 ori (Petranu, 1997).

În momentul de față apele de suprafață ale Mării Negre fac parte din categoria apelor mezotrofe și eutrofe, în timp ce în zona de influență a gurilor de vărsare ale Dunării apele sunt hipertrofe (Zaitsev, 1991).

„Mareele roșii", care în trecut erau un fenomen foarte rar, în zilele noastre se petrec cu regularitate în fiecare an, uneori chiar de 2-3 ori pe an (Nesterova, 1979). În perioada 1983-1988 în apele românești au fost înregistrate 24 de „înfloriri" algale monospecifice, determinate de 8 taxoni. Cele mai ridicate densități numerice de la litoralul românesc le-au avut algele planctonice *Prorocentrum cordatum* (până la 87.600.000 celule/l), *Sceletonema costatum* (141.400.000 celule/l) și *Coccolithus huxley* (291.200.000 celule/l). Dintre organismele zooplanctonice ctenoforul *Noctiluca scintillans* poate atinge o abundență de 6.800.000.000 ex./m^3 și o biomasă de 500 kg/m^3, iar ciliatul *Mezodinium rubrum* o abundență de 4.600.000 celule/l și o biomasă de 280 g/m^3. Cel mai mare număr al ctenoforului *Mnemiopsis leidyi*, nou-pătruns în Marea Neagră din Oceanul Atlantic, se înregistrează de asemenea în partea de nord-vest a Mării Negre. Abundența acestei specii în apele costiere depășește 500 exemplare/m^3 (Zaitsev, 1991).

Începând cu anul 1973 pe arii largi ale platformei continentale din nord-vestul Mării Negre au început să fie semnalate mortalități în masă ale organismelor de fund (Zaitsev & Mamaev, 1997; Surugiu, 2002). S-a stabilit că din cauza hipoxiei între 100 și 200 t de organisme marine, inclusiv pești, mor pe fiecare kilometru pătrat de fund marin. Între 1973 și 1990 pierderile de organisme bentonice erau de 60 de milioane tone, dintre care 5000 t reveneau peștilor (Zaitsev, 1992). Mortalitățile în masă dispar odată cu instalarea homotermiei de toamnă, când apele din profunzime sunt oxigenate datorită amestecului de ape produs de vânt și de modificarea densității apei. Aceste zone depopulate încep să fie recolonizate de către larvele pelagice aduse de către curenți din zonele limitrofe sau neafectate de hipoxie. Populațiile bentonice sunt reînnoite și acest proces continuă până la instalarea următoarei perioade cu deficit de oxigen și ciclul se repetă (Losovskaya, 1978).

În ultimii ani, în mări, adesea se dezvoltă în număr mare algele peridinee (de ex. *Gonioaulax*), care pot elimina substanțe toxice și care apoi nimeresc în lanțurile trofice. Aceste toxine ajung prin intermediul nevertebratelor bentonice filtratoare în corpul peștilor și în cele din urmă se pot dovedi fatale pentru om. În apele tropicale și subtropicale dezvoltarea în masă a acestor alge unicelulare este un fenomen frecvent și conferă apei o culoare roșie („mareele roșii"). Populația băștinașă cunoaște perioada în care acestea apar și știu exact ce pești pot fi mâncați în anumite perioade ale anului.

Agenții patogeni

În apele reziduale orășenești neepurate se găsesc mari cantități de microorganisme indezirabile, printre care se pot număra și diverși agenți patogeni, ca de pildă virusul hepatitei A, holera sau *Salmonella*. Un indicator al încărcării apei cu microbi este prezența bacteriilor coliforme (*Escherichia coli*), care se găsesc în mod obișnuit în tractusul digestiv al omului. În Statele Unite o concentrație de 100-1000 colibacili/100 ml apă este considerată periculoasă, fapt pentru care agențiile de mediu locale interzic scăldatul în astfel de ape. Cu toate că apa marină are un puternic efect bactericid, virușii se pare că sunt mult mai rezistenți în mediul marin. Probabilitatea de îmbolnăvire în urma scăldatului în ape contaminate cu agenți patogeni este mică în comparație cu consumul unor alimente de origine marină, în special al moluștelor comestibile și mai ales al stridiilor, care se mănâncă în stare crudă. Bivalvele posedă un aparat filtrant în care, împreună cu particulele

alimentare, sunt reținute și bacteriile, inclusiv cele patogene. Dacă nu se iau măsuri de precauție, omul poate ingera odată cu stridiile crude și agenți patogeni. De aceea fermele de creștere a stridiilor sunt supuse unui control sanitar-veterinar foarte riguros.

Poluarea cu substanțe toxice

Uneori, în apa de canalizare nimeresc reziduurile mai multor ramuri ale industriei. Acestea, asemenea reziduurilor menajere, sunt descompuse de către bacterii până la bioxid de carbon și apă. Multe întreprinderi industriale evacuează deșeurile prin rețeaua de canalizare orășenească, caz în care în apele litorale nimerește un amestec de reziduuri de ape fecaloid-menajere și ape uzate industriale. Uneori, acolo ajung și substanțe toxice, care împiedică procesul de epurare biologică a apelor fecaloid-menajere.

În multe zone litorale apele reziduale sunt deversate în mare prin conducte. Uneori aceste ape sunt supuse în prealabil sedimentării, iar nămolul depus este transportat periodic de barje în larg și aruncat în mare. În aceste deșeuri menajere se pot găsi diferite reziduuri industriale. Astfel, în fluviul Tamisa, în râul Clyde și în apropiere de Manchester anual ajunge cam o tonă de policlorbifenili (PCB). Orașul Glasgow deversează anual aproximativ un milion de tone de nămol de decantare. Este vorba, în esență, de resturi organice din apele menajere încă adecvate pentru hrănirea organismelor marine. Pe fundul marin din locurile de depozitare a acestui nămol biomasa este mai ridicată, dar diversitatea specifică este mai mică decât în locurile situate la o oarecare distanță de acestea. În sedimentele și în corpul organismelor de aici se concentrează mari cantități de cupru, plumb, zinc și chiar mercur toxic. Animalele care au acumulat aceste metale grele pot ajunge să fie consumate de către om.

La ora actuală există relativ puține date asupra răspândirii și acțiunii metalelor grele și a altor compuși prezenți în concentrații mici în apa marină asupra omului. Cadmiul și zincul sunt prezenți în apele evacuate de la întreprinderile care se ocupă de galvanizare și de la uzinele de topire a metalelor neferoase, unde metalele sus-menționate sunt aruncate împreună cu plumbul și cuprul. Sunt potențial periculoase seleniul, arsenicul, stibiul și bismutul.

La sfârșitul anilor 1930 compania japoneză Chisso Corporation a deschis pe malul golfului Minamata o întreprindere pentru fabricarea clorvinilului și formaldehidei. Produșii secundari ai acestei fabrici evacuați în apa golfului conțineau mercur. Prin bioacumulare, peștii marini și scoicile au concentrat în corpul lor mari cantități de clorură de metilmercur foarte toxic. Începând cu anul 1953 printre locuitorii orașului Minamata (50.000 de locuitori), a căror îndeletnicire majoră era pescuitul, a apărut o boală misterioasă, care după trei ani a căpătat caracter de epidemie. Simptomele acestei boli, care a fost denumită *boala Minamata*, erau la început amorțeli ale buzelor și membrelor, urmate după două săptămâni de pierderea olfacției, vocii și auzului, lipsa coordonării mișcărilor și diminuarea acuității vizuale. În 1959 cauza acestei boli a fost pusă pe seama intoxicării cu mercur, iar legătura cauzală dintre mercurul din apă și fabrica din apropiere a fost stabilită la începutul anilor 1960. Abia în 1970 a fost sistată evacuarea mercurului în apa marină. Din cei 116 pacienți înregistrați oficial 43 au decedat, iar dintre cei care au supraviețuit doar puțini au fost recuperați definitiv, majoritatea rămânând cu sechele.

Pesticidele și produșii intermediari ai degradării acestora care s-au acumulat în apele mărilor și oceanelor s-au dovedit a fi foarte nocivi pentru viețuitoarele marine (pești, moluște, crustacee și mai ales alge planctonice sensibile).

Diclor-Difenil-Tricloretanul (DDT) este primul insecticid de sinteză din clasa hidrocarburilor clorurate. Acest produs a început să fie utilizat pe scară largă pentru combaterea ţânţarului anofel, purtătorul malariei. Ulterior, a fost folosit ca insecticid cu spectru larg în majoritatea culturilor. Acest compus, fără efecte toxice asupra omului, este un compus chimic foarte stabil, persistând în natură ani de zile, este relativ insolubil în apă, dar solubil în grăsimi.

Efectele nocive ale DDT-ului au început să fie vizibile atunci când în ţesuturile prădătorilor de vârf au fost descoperite concentraţii ridicate ale acestui compus. DDT-ul a fost găsit chiar şi în grăsimea pinguinilor din Antarctica.

DDT-ul, asemenea mercurului şi unor substanţe radioactive conţinute în mici cantităţi în apa marină, se acumulează foarte repede în lungul lanţurilor trofice. Procesul de bioacumulare poate fi ilustrat de următorul exemplu: dacă DDT-ul transportat de apa râurilor prezentă o concentraţie de 0,000002 mg/kg, în zooplancton aceasta este de 0,04 mg/kg, în peştii planctonofagi de 0,5 mg/kg, în peştii răpitori de 1,5 mg/kg, iar în păsările ihtiofage ajunge la 20 mg/kg (Ross, 1976).

În apropiere de Los Angeles se găsea cel mai mare combinat de producere a DDT-ului din S.U.A., care începând cu anul 1971 evacua zilnic în golful Santa Monica între 150 şi 250 kg de substanţe cu compoziţie chimică asemănătoare DDT-ului. Uzina se pare că a atins maximul de producţie cu mult înainte de 1971, deoarece în peştele pescuit în apropiere de locul de scurgere a deşeurilor concentraţia de DDT ajungea până la 57 mg/kg în ţesuturile musculare şi până la 1026 mg/kg în ficat.

Păsările marine au avut de suferit cel mai mult deoarece se hrănesc mai ales cu peşte şi deci se află în vârful piramidei trofice. La anumite concentraţii DDT-ul influenţează metabolismul calciului, astfel că ouăle depuse de aceste păsări au coaja subţire. Aceste ouă se spărgeau uşor în timpul clocitului, astfel că s-a înregistrat declinul unui mare număr de specii de păsări. Astfel, în colonia de pelicani bruni (*Pelicanus occidentalis*) de pe o insulă din apropiere de Los Angeles, care în 1969 număra 550 păsări clocitoare, în următorul an au eclozat numai 5 pui, deoarece celelalte ouă s-au spart. În aceste ouă s-au găsit compuşi ai DDT-ului în concentraţie ce atingea 2600 mg/kg. Efectivul numeric al pelicanilor bruni din statul Carolina de Sud (S.U.A.) s-a redus timp de mai mulţi ani, deşi în ouăle lor s-au găsit în medie doar 4 mg/kg de compuşi ai DDT-ului.

Pesticidele nimeresc în mare nu numai cu apele industriale uzate, ci şi în urma folosirii lor în agricultură. În timpul viiturilor pe fluviul Colorado multe substanţe chimice depuse sunt transportate în mare, ceea ce duce la creşterea concentraţiei pesticidelor în apele din preajmă. Atunci în corpul peştilor se pot acumula până la 3-8 mg/kg de DDT. Pentru a-i izbăvi pe turişti de musculiţe, plajele din California de Sud au fost tratate cu DDT. Drept urmare, concentraţia acestuia în macrou a atins 2-17 mg/kg. Se poate spune că o mare parte din DDT-ul pulverizat pe câmpuri şi păduri în cele din urmă ajungea în mare. În consecinţă, utilizarea acestor insecticide a fost limitată sau interzisă în numeroase ţări.

În 1961 reziduurile lichide provenite de la fabricarea pesticidului tiofos de pe ţărmul lutlandei au început să fie deversate printr-o conductă în Marea Nordului. În 1964 s-a constatat că peştii din locul deversării şi homarii pe o rază de 60 km de la locul de scurgere au murit. Cercetările au arătat că apa tehnologică, chiar la o diluţie de 1:50.000, era mortală pentru homari. Această apă era chiar mai toxică decât însuşi tiofosul. Patronii au fost obligaţi să epureze apa rezultată până la o concentraţie ce să nu depăşească 1:50.

În 1965 a avut loc o scădere drastică a efectivelor coloniilor de sternide de pe insula Grind din apropierea coastei Olandei. Din 20 mii de familii de păsări au rămas în viaţă numai o mie. Păsările care au murit prezentau semne evidente de otrăvire. S-a constatat că peştele cu care se hrănesc sternidele a fost supus acţiunii apelor reziduale ale uzinei chimice de lângă Rotterdam unde se fabricau insecticidele teldrina, dieldrina şi endrina. După acest caz au fost întreprinse măsuri ca apa impurificată de la această uzină să nu mai fie evacuată în mare.

Policlorbifenilii (PCB) sunt compuşi larg utilizaţi în ultimele decenii ca lichide de răcire, ca schimbătoare de căldură, uleiuri pentru transformatoare, pentru prepararea lacurilor şi coloranţilor, mijloacelor pentru protecţia plantelor şi materialelor sintetice. După acţiunea biologică policlorbifenilii se aseamănă în multe privinţe cu astfel de produse chimice precum DDT-ul şi alte pesticide din grupul hidrocarburilor clorurate: este foarte greu biodegradabil, este asimilat de organismele vii şi se acumulează în corpul acestora în lungul lanţurilor trofice, prezintă acţiune toxică şi cancerigenă şi afectează reproducerea păsărilor marine. De exemplu, la sute de pelicani de pe ţărmul Californiei s-a găsit o concentraţie medie de 200 mg PCB pe kilogramul de corp. În ţesutul adipos al muşchilor pectorali al vulturilor codalbi din împrejurimile Stockholm-ului acest produs era într-o cantitate de 14.000 mg/kg, iar în ouăle de Sternidae din strâmtoarea Long Island era de 100-200 mg/kg. Se pare că încetinirea dezvoltării şi malformaţiile la embrionii şi puii păsărilor din această colonie trebuie puse pe seama conţinutului ridicat de PCB. Păsările marine, al căror populaţii pe coastele Angliei s-au diminuat considerabil, de asemenea suferă din cauza acestei substanţe. În planctonul marin de aici se găsesc 0,03 mg/kg, iar în heringi până la 2,6 mg/kg de policlorbifenili. Această substanţă a ajuns şi în organismul oamenilor. Astfel, în împrejurimile oraşului Munster (Germania) în ţesutul adipos s-au găsit 5,7 mg/kg, iar în laptele matern concentraţia era de 3,5 mg/kg (recalculate în grăsimi).

Căile de răspândire ale policlorbifenililor în mediul înconjurător sunt încă slab studiate. Se pare că ele sunt asemănătoare cu cele ale DDT-ului.

Poluarea radioactivă

Începând cu anul 1944 oceanele lumii se confruntă cu contaminarea apelor cu substanţe radioactive. Aceşti compuşi rezultă din evacuarea deşeurilor de la laboratoare şi centralele nucleare, prin deversarea apelor folosite la răcirea reactoarelor, prin exploziile nucleare, ori prin diferite accidente ale navelor cu propulsie atomică, cărora li se adaugă şi deşeurile radioactive scufundate în zonele adânci ale oceanului, ce pot deveni periculoase în cazul degradării containerelor în care au fost închise.

În prezent depozitarea în oceane a deşeurilor radioactive cu nivel ridicat de radioactivitate (de peste 10^{-8} Ci/g) este interzisă prin acorduri internaţionale. Totuşi, scufundarea deşeurilor cu radioactivitate redusă este permisă în anumite locuri. Un astfel de loc este situat în Atlanticul de nord-est, alte trei în largul coastelor de est ale S.U.A. şi încă unul largul coastelor pacifice. Foarte periculoase sunt reziduurile nucleare cu radioactivitate ridicată care au perioadă de înjumătăţire foarte lungă şi o mare putere ionizantă. De exemplu, plutoniul-239, care este un radionuclid obişnuit din compoziţia combustibilului nuclear uzat, are o perioadă de înjumătăţire de 24.100 ani. Aceasta înseamnă că pentru a nu avea efecte biologice acesta trebuie depozitat pe o perioadă de 241.000 ani.

Exploziile nucleare subacvatice efectuate de unele state posesoare de arme nucleare au avut cele mai dezastruoase efecte asupra Oceanului Planetar. A fost semnalată

radioactivitatea crescută a unor peşti marini în urma exploziilor nucleare din atolul Bikini sau dispariţia unor forme, mai ales bentonice, de pe anumite zone.

Oceanele lumii au fost puternic poluate în urma unui incident care a avut loc în 1964 când un generator aerospaţial nuclear a reintrat în atmosferă în urma unei disfuncţiuni la lansare, introducând în oceane o cantitate de plutoniu-238 egală cu o jumătate din totalul depozitelor oceanice de plutoniu-238.

Se constată o anumită selectivitate în acumularea unor izotopi radioactivi în corpul diferitor organisme marine. Astfel, cesiul-137 se concentrează în talul algelor brune şi roşii, stronţiul-90 se acumulează în radiolari, alge brune şi în scheletele peştilor, radioizotopii ittriului în crustacee şi icrele de peşti, iar ceriul-144 în actinii. Adesea, anumiţi radionuclizi se localizează la nivelul diferitor ţesuturi. De exemplu, stronţiul şi calciul radioactiv se acumulează cu predilecţie în schelet, cesiul-137 în muşchi şi ţesuturi moi, iar cobaltul-60 în rinichi şi ficat.

Poluarea termică

Centralele termoelectrice şi cele nucleare utilizează cantităţi enorme de apă pentru răcirea reactoarelor, apă care apoi este deversată în apele fluviilor şi râurilor sau chiar direct în mări şi oceane. Această apă, mai caldă decât cea ambientală cu 10-15°C, alterează proprietăţile fizice şi chimice ale apei, putând deveni periculoasă sau chiar letală pentru plante şi animale. Efectele poluării termice sunt limitate la comunităţile din imediata apropiere a apei încălzite. Poluarea termică inhibă creşterea fitoplanctonului şi modifică caracterul asociaţiilor de plante din vecinătatea deversărilor de apă încălzită. De exemplu, în apropierea unei centrale termonucleare din Florida de Sud pajiştile de iarba-broaştelor-ţestoase (*Thalassia testudinum*) au fost înlocuite de cianobacterii filamentoase. Efectele vătămătoare ale efluenţilor termici de la centrale sunt mai pronunţate în apele tropicale sau temperate în perioada cu temperaturi maxime.

Centralele electrice pot provoca mortalitatea peştilor şi prin antrenarea icrelor, alevinilor şi puietului în sistemul lor de răcire. Migraţiile de iernare ale unor peşti pot fi perturbate, aceştia rămânând în apele calde din apropierea centralelor electrice. Disiparea apei în urma unor furtuni îi poate ucide prin instalarea şocului termic.

Modificarea arealelor unor specii

Arealele unor organisme marine au suferit modificări însemnate ca rezultat al activităţii omului. Aclimatizarea intenţionată sau întâmplătoare a unor specii poate avea consecinţe devastatoare asupra diferitor reprezentanţi ai florei sau faunei autohtone.

Introducerea intenţionată a unor specii marine s-a făcut pentru scopuri comerciale. Astfel, între anii 1939-1940 polichetul *Hediste diversicolor* din Marea Azov a fost introdus în Marea Caspică pentru a creşte resursele de hrană pentru sturioni. Specia s-a naturalizat şi, începând din 1945, populaţiile acestui polichet au crescut considerabil, fiind în prezent un component important al hranei peştilor (Birstein, 1956). Stridia japoneză (*Crassostrea gigas*) şi cea vest-atlantică (*Crassostrea virginica*) au fost introduse în golfurile şi estuarele din Europa pentru creştere dirijată.

De multe ori, însă, introducerea unor specii este accidentală, acestea pătrunzând în noile bazine cu vegetaţia de carenă sau odată cu apa de balast. Pe coca navelor a fost introdusă la începutul secolului trecut în Marea Nordului specia indo-vest-pacifică de diatomee *Biddulphia sinensis*, care ulterior s-a înmulţit şi a devenit una dintre speciile

conducătoare. În Marea Caspică a pătruns accidental specia *Rhizosolenia calcar-avis*, care între timp s-a înmulțit peste măsură (Zaitsev și Öztürk, 2001). Odată cu chefalul din Marea Neagră în cea Caspică au ajuns accidental garidele *Palaemon adspersus* și *P. elegans*, acomodându-se perfect la noul lor habitat. Molusca *Crepidula fornicata* a fost transportată pe coca navelor de la coasta răsăriteană a Americii de Nord pe cea Atlantică a Europei și a devenit în multe locuri specia dominantă. În 1946 din Marea Japoniei în Marea Neagră a pătruns, se pare sub formă de ouă prinse de coca navelor, gasteropodul *Rapana thomasiana*. Acest melc prădător a reușit până în 1950 să extermine bancurile de stridii, după care s-a specializat în consumul de midii (Zaitsev și Mamaev, 1997). Autoaclimatizarea melcului *Rapana thomasiana* în Marea Neagră a avut ca efect stabilirea populațiilor de *Ammodytes cicerellus*, care se hrănesc cu ouă de rapana. De asemenea, talia pagurului *Diogenes pugilator*, care populează cochiliile goale ale melcilor, a devenit mai mare. În 1982 a fost semnalată apariția în Marea Neagră a ctenoforului *Mnemiopsis leidyi*, originar de la coasta atlantică a Americii de Nord. Acest ctenofor prădător, de 10-11 cm lungime, s-a înmulțit în număr mare, ceea ce a dus la reducerea drastică a populațiilor celor mai importante specii comerciale de pești, mai ales a celor de hamsie. Acest lucru a avut loc atât din cauza epuizării rezervelor de zooplancton, sursa principală de hrană a peștilor planctonofagi, cât și datorită consumului direct de către acesta a icrelor și larvelor acestor pești.

Construirea canalului Panama a permis schimburile între Oceanul Atlantic și cel Pacific. La fel s-a întâmplat după construirea Canalul de Suez, când forme Indo-vest-Pacifice au pătruns în Mediterana (Por, 1978).

BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY

BIBLIOGRAFIE

Andriescu, I. 1977. Le zoobenthos de l'écosystème des fonds rocheux de la côte roumaine de la Mer Noire. În *Biologie des eaux saumatres de la Mer Noire*, Agigea, vol. **1**: 117-127.

Antipa, Gr. 1941. *Marea Neagră. I. Oceanografia, bionomia şi biologia generală.* Publ. Fond. "V. Adamachi", Acad. Rom., **10**(55). 313 pp.

Antonescu, C.S. 1963. *Biologia apelor.* Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti. 544 pp.

Antonescu, C.S. 1968. *Marea.* Ed. Ştiinţifică, Bucureşti. 246 pp.

Antonescu, C.S. 1969. Viaţa în adâncurile marine. *Natura*, **21**(2): 20-27.

Antonescu, C.S. 1971. Mari expediţii şi explorări oceanografice. *Natura*, **23**(4): 3-11.

Arnoldi, L.V. 1948. O litorali v Cernom more. *Tr. Sevast. biol. st.*, **6**: 353-359.

Ax, P. 1966. Die Bedeutung der interstitiellen Sandfauna für allgemeine Probleme der Systematik, Ökologie und Biologie. *Veröff. Inst. Meersforsch. Bremerh. (Sonderbd)*, **2**: 15-65.

Barnes, R.S.K. şi Hughes, R.N. 1982. An Introduction to Marine Ecology. Blackwell Scientific Publications, Oxford, London. 339 pp.

Bodeanu, N. 1966. Caracteristicile şi dinamica fitoplanctonului din zona de mică adâncime de la ţărmul românesc al Mării Negre. *Stud. şi Cerc. de Biol., ser. Botanică*, **18**(3): 250-262.

Bodeanu, N. 1984. Modifications sous l'influence anthropique dans le developpement quantitatif et dans la structure du phytoplancton du secteur roumain de la mer Noire. *Trav Mus. Hist. Nat. „Gr. Antipa"*, **26**: 69-83.

Bodeanu, N. 1987-1988. Structure et dynamique de lîalgoflore unicellulaire dans les eaux du littoral roumain de la mer Noire. *Cercetări marine*, **20-21**: 19-25.

Băcescu, M. 1963. Contribution à la biocoenologie de la Mer Noire. L'étage périazoïque et la faciès paleo-dreissenifère et leurs caractéristiques. *Rapp. et Pr. Verb. d. Réun. C.I.E.S.M.M.*, **17**(2): 107-122.

Băcescu, M. 1965. *Bibliographie roumaine de la Mer Noire.* Ed. Commiss. Nat. U.N.E.S.C.O., Bucureşti. 122 pp.

Băcescu, M. 1972. Substratum: Animals. *Treatise Marine Ecology*, **1**(3): 1291-1322.

Băcescu, M. 1977. Les biocénoses benthiques de la Mer Noire. În *Biologie des eaux saumatres de la Mer Noire*, Vol. **1**: 128-134.

Băcescu, M., Dumitrescu, E., Manea, V., Por, F., Mayer, R. 1957. Les sables à *Corbulomya (Aloidis) maeotica* Mil., base trophique de premier ordre pour les poissons de la Mer Noire. *Trav. Mus. Hist. Nat. "Gr. Antipa"*, **1**: 305-374.

Băcescu, M., Dumitrescu, E., Marcus, A., Palladian, G., Mayer, R. 1963. Données quantitatives sur la faune pétricole de la Mer Noire à Agigea (secteur roumain)

dans la conditions spéciales de l'année 1961. *Trav. Mus. Hist. nat. "Gr. Antipa"*, **4**: 131-155.

Băcescu, M., Gomoiu, M.-T., Bodeanu, N., Petran, A. 1965a. Studii asupra variaţiei vieţii marine în zona litorală nisipoasă de la Constanţa. *Ecologie marină*, **1**: 7-138.

Băcescu, M., Müller, G., Skolka, H., Petran, A., Elian, V., Gomoiu, M.-T., Bodeanu, N., Stănescu, S. 1965b. Cercetări de ecologie marină în sectorul predeltaic în condiţiile anilor 1960-1961. *Ecologie marină*, **1**: 185-344.

Băcescu, M., Gomoiu, M.-T., Bodeanu, N., Petran, A., Müller, G., Stănescu, S. 1965c. Recherches écologiques sur les fonds sablonneux de la Mer Noire (côte roumaine). *Trav. Mus. Hist. Nat. "Gr. Antipa"*, **5**: 33-82.

Băcescu, M., Gomoiu, M.-T., Bodeanu, N., Petran, A., Müller, G.I., Chirilă, V. 1967a. Dinamica populaţiilor animale şi vegetale din zona nisipurilor fine de la nord de Constanţa în condiţiile anilor 1962-1965. *Ecologie marină*, **2**: 7-167.

Băcescu, M., Dumitrescu, E., Gomoiu, M.-T., Petran, A. 1967b. Éléments pour la caractérisation de la zone sédimentaire médio-littorale de la Mer Noire. *Trav. Mus. Hist. Nat. "Gr. Antipa"*, **7**: 1-14.

Băcescu, M., Gomoiu, M.-T., Dumitrescu, E. 1968. Quelques considérations sur la dynamique des organismes de la zone médiolittoral sableux en Mer Noire. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, **19**(2):117-119.

Băcescu, M., Müller, G. şi Gomoiu, M.-T. 1971. Cercetări de ecologie bentală în Marea Neagră. Analiza cantitativă, calitativă şi comparată a faunei bentale pontice. *Ecologie marină*, **4**: 1-357.

Bărbuceanu, P. 1967. *Mările şi oceanele lumii*. Ed. Militară, Bucureşti.

Birstein, J.A. 1956. Rezultatâ akklimatizaţii *Nereis succinea* v Kaspii i ih kritika. *Biulleten m. o-va isp. Prirodâ, Otd. Biologhii*, **61**(1): 23-44.

Bondar C., Rovenţa V., State I., 1973. *Marea Neagră în zona litoralului românesc. Monografie hidrologică*. Institutul de meteorologie şi hidrologie, Bucureşti. 516 pp.

Borcea, I. 1926. Note sur les moules et sur les faciès ou biocoenoses à moules de la région littorale roumaine de la Mer Noire. *Ann. Sci. Univ. Jassy*, **14**: 129-139.

Borcea, I. 1931. Nouvelles contributions à l'étude de la faune bentonique dans la Mer Noire, près du littoral roumain. *Ann. Sci. Univ. Jassy*, **16**: 655-750.

Borcea, I. 1937. Les résultats de l'expédition de recherches dans la Mer Noire entre les 28 Août et 1 Septembre 1935. *Ann. Sci. Univ. Jassy*, **23**: 1-26.

Buşniţă, Th., Băcescu, M. 1965. Grigore Antipa, fondateur de l'hydrobilogogie roumaine. *Trav. Mus. Hist. Nat. „Gr. Antipa"*, **5**: 9-18.

Campbell, A.C. şi Nicholls, J. 1986. *Guide de la faune et de la flore littorales (mers d'Europe)*. Ed. Delachaux et Niestlé, Neuchâtel - Paris: 110-135.

Celan, M. 1989. La flore algologique de la mer Noire. *Cercetări marine*, **22**: 5-106.

Clarke, K.R. şi Warwick, R.M. 1994. *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. Plymouth Marine Laboratory, Natural Environment Research Council. 144 pp.

Cousteau, J.-Y. şi Diolé, P. 1971. *La vie et la mort des Coraux*. Ed. Flammarion, Paris. 176 pp.

Cousteau, J.-Y. şi Dumas, F. 1960. *Lumea tăcerii*, Ed. Ştiinţifică, Bucureşti.

Dauvin, J.C. 1982. Impact of Amoco Cadiz Oil Spill on the Muddy Fine Sand *Abra alba* and *Melinna palmata* Community from the Bay of Morlaix. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **14**: 517-531.

Dediu, I.I. 1990. *Ekologhiceskii enţiklopediceskii slovar*. Gl. Red. Moldavskoi Sovetskoi Enţiklopedii, Chişinău. 408 pp.

Dinu, D. şi Vlad, C. 1986. *Scafandri şi vehicule subacvatice*. Ed. Ştiinţifică şi Enciclopedică, Bucureşti. 222 pp.

Dumitrache, C. 1996-1997. Present state of the zoobenthos from the Romanian Black Sea continental shelf. *Cercetări marine*, **29-30**: 141-150.

Gomoiu, M.-T. 1968. On the effects of water motion on marine organisms in the mesolittoral and infralittoral zones of the Romanian shore of the Black Sea. *Sarsia*, **34**: 95-108.

Gomoiu, M.-T. 1971. Ecology of Subtidal Meiobenthos. *Smithson. Contr. Zool.*, Washington D.C., **76**: 155-160.

Gomoiu, M.-T. 1976a. Changes in the structure of benthic biocenoses from the romanian littoral of the Black Sea. *Cercetări marine*, **9** suppl.: 119-142.

Gomoiu, M.-T. 1976b. *Ghid pentru cunoaşterea florei şi faunei marine de la litoralul românesc al Mării Negre*. IRCM Constanţa, Agigea. 108 pp.

Gomoiu, M.-T. 1982. On the populations of *Melinna palmata* Grube at the romanian littoral of the Black Sea. *Cercetări marine*, **15**: 115-131.

Gomoiu, M.-T. 1985. Problemes concernant l'eutrophisation marine. *Cercetări marine*, **18**: 59-95.

Gomoiu, M.-T. 1996. Ecologie marină şi oceanografie biologică. În: Mohan, Gh., Gavrilă, L., Ardelean, A., Pârvu, C., *Istoria biologiei în date*, Ed. All, Bucureşti, 424-446.

Gomoiu, M.-T., Ţigănuş, V. 1977. Données quantitatives concernant la structure des populations apartenant à la biocénose à *Modiolus phaseolinus* de la Mer Noire. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, **24**(4): 123-124.

Grassle, J.F. şi Grassle, J.P. 1974. Opportunistic life histories and genetic systems in marine benthic polychaetes. *J. Mar. Res.*, **80**(4): 733-734.

Grzimek, B. 1988. *Ekologhiceskie ocerki o prirode i celoveke*. Izd. Progress, Moskva. 640 pp.

Hedgpeth, J. 1957. The treatise on marine ecology and paleoecology. Vol. I, Ecology. Memoir 67, *Geol. Soc.Amer.*, pp. 17-28.

Levin, V. şi Korobkov, V. 1989. *Pod vodoi – biologhi*. Izd. Ghidrometeoizdat, Leningrad.168 pp.

Levinton, J.S. 1995. *Marine biology: function, biodiversity, ecology*. Oxford University Press, New York. 420 pp.

Losovskaya, G.V. 1977a. Nekotorâe osobennosti sovremennogo sostoiania zoobentosa severo-zapadnoi ciasti Cernogo moria. *Biologhia moria*, **43**: 25-33.

Losovskaya, G.V. 1977b. *Ekologhia polihet Cernogo moria*. Izd. Naukova Dumka, Kiev, 92 pp.

Losovskaya, G.V., 1978. Effect of hypoxia and anoxia on species composition and quantity of Polychaeta from the Black Sea. *Gidrobiol. Zhurn.*, **14**(4): 29-32.

MacArthur, R.H. şi Connell, J.H. 1970. *Biologia populaţiilor*. Ed. Ştiinţifică, Bucureşti. 232 pp.

Manole, I. şi Ionescu, G. 1982. *Dicţionar marinăresc*. Ed. Albatros, Bucureşti. 475 pp.

Manoleli, D. şi Nalbant, T. 1976. *Viaţa în Marea Neagră*. Ed. Ştiinţifică şi Enciclopedică, Bucureşti. 270 pp.
Mokievski, O.B. 1949. Fauna râhlâh gruntov litorali zapadnâh beregov Krâma. *Tr. Inst. Okeanol.*, **4**: 124-159.
Mokievski, O.B. 1969. Biogheoţenoticeskaia sistema litorali. *Okeanologhia*, **9**(2): 211-222.
Mustaţă, G. 2001. *Biologie marină*. Casa de Editură Venus, Iaşi. 270 pp.
Nesterova, D.A. 1979. Development of peridinean *Exuviaella cordata* and the phenomenon of „red tides" in the north-western Black Sea. *Biologiya morya*: 24-29.
Newell, G.E. şi Newell, R.C. 1973. *Marine plankton, a practical guide*. Hutchinson Educational, London, 244 pp.
Nikitin, V.N. 1966. Bioţenoz midievâh poselenii v severo-zapadnoi ciasti Cernogo moria. *Zool. Jurn.*, **45**(4): 487-493.
Nikitin, V.N. 1969. Kolicestvennoe raspredelenie donnoi faunâ v severo-zapadnoi ciasti Cernogo moria. *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, **138**(5): 1198-1201.
Nybakken, J.W. 1988. *Marine biology: an ecological approach*. 2nd edition, Harper & Row Publishers, New York. 514 pp.
Odum, E.P. 1971. *Fundamentals of Ecology*. 3rd edition, W.B. Saunders Comp., Philadelphia. 574 pp.
Papadopol, M. 1971. Resursele biologice ale bazinelor acvatice. *Natura*, **23**(6): 33-41.
Parsons, T.R., Takahashi, M. şi Hargrave, B. 1990. *Biological oceanographic processes*. 3rd ed. Pergamon Press. 330 pp.
Pearson, T.H. şi Rosenberg, R. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of marine environment. Oceanogr. *Mar. Biol. Annu. Rev.*, **16**: 229-311.
Pérès, J.M. 1957. Essai de classement des communautés benthiques marines du Globe. *Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume*, **22**(13): 23-54.
Pérès, J.M. 1961. *Océanographie biologique et biologie marine: 1. La vie benthique*. Ed. Euclide, Paris, 541 pp.
Pérès, J.M. şi Picard, J. 1958. Manuel de Bionomie Benthique de la Mer Méditerranée. *Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume*, **23**(14): 5-122.
Pérès, J.M. şi Deveze, L. 1963. *Océanographie biologique et biologie marine: 2. La vie pélagique*. Ed. Euclide, Paris.
Petran, A. 1962. Consideraţii asupra compoziţiei şi variaţiilor calitative ale zooplanctonului marin din dreptul litoralului românesc al Mării Negre. *Comunic. Acad. R.S.R.*, **12**(1): 71-77.
Petran, A. 1968. Sur la dynamique du zooplancton du littoral roumain de la mer Noire (la zone jusqu'à 30 m de profondeur). *Trav. Mus. Hist. Nat. „Gr. Antipa"*, **8**: 265-271.
Petran, A. 1983. Sur la structure de populations zooplanctoniques dans les eaux du large de la mer Noire. *Rapp. Comm. int. mer. Médit.*, **28**(9): 205-206.
Petran, A. (sub red.) 1997. *Black Sea Biological Diversity. Romania*. Black Sea Environmental Series, Vol. 4, UN Publications. 314 pp.
Plinius cel Bătrân 2001. *Naturalis historia. Enciclopedia cunoştinţelor din Antichitate*. Vol. 2, Ed. Polirom, Iaşi. 272 pp.
Por, F.D. 1978. *Lessepsian migration. Ecological studies*. Vol. **23**. Springer-Verlag, Berlin-New York. 228 pp.

Pora, E.A. 1958. Considération sur l'équilibre ionique chez les animaux. L'homéorapie. *Journ. Physiol.*, **50**: 464-465.
Pora, E.A. 1961. Consideraţii asupra importanţei factorului ropic şi factorului osmotic în desfăşurarea vieţii în Marea Neagră. *Hidrobiologia*, **3**: 257-268.
Pora, E.A. 1966. *Cinci luni în Oceanul Indian*. Ed. Ştiinţifică, Bucureşti. 432 pp.
Pora, E.A. 1969. Mangrovele. *Natura*, **21**(3): 45-53.
Pora, E.A. 1982. Principii de ecofiziologie marină. În *Probleme moderne de ecologie* (sub red. B. Stugren), Ed. Ştiinţifică şi Enciclopedică, Bucureşti. 119-171 pp.
Pora, E.A. şi Oros, L. 1974. *Limnologie şi oceanologie*. Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti. 424 pp.
Porumb, F. 1977. Le zooplancton de la Mer Noire. În *Biologie des eaux saumâtres de la Mer Noire*. Agigea, vol. **1**: 99-107.
Porumb, F. 1980. Variations quantitatives du zooplancton dans les eaux neritiques roumaines de la mer Noire. *Cercetări marine*, **13**: 103-125.
Porumb, F. 1999-2000. L'histoire des recherches marines roumaines en Mer Noire. *Cercetări Marine*, **32-33**: 1-372.
Posea, Aurora. 1999. *Oceanografie*. Ed. Fundaţiei „România de Mâine", Bucureşti. 223 pp.
Radu, V.Gh. şi Radu, V.V. 1967. *Zoologia nevertebratelor*. Vol. 2, Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti. 708 pp.
Radu, V.Gh. şi Radu, V.V. 1972. *Zoologia nevertebratelor*. Vol. 1, Ed. a 2-a, Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti. 607 pp.
Ross, D. 1976. *Introducere în oceanografie*. Ed. Ştiinţifică şi Enciclopedică, Bucureşti. 440 pp.
Ryther, J.H. 1969. Photosynthesis and fish production in the sea. *Science*, **166**: 72-76.
Semenescu, M., 1966. *Contributions roumaines a l'étude de la mer Noire*. Comitet d'Etat des Eaux, Bucharest. 112 pp.
Sergeeva, N.G. 2000. K voprosu o biologhiceskom raznoobrazii glubokovodnogo bentosa Cernogo moria. *Ekologhia moria*, **50**(7): 57-62.
Sergeeva, N.G., Zaika, V.E. 2000. Ekologhia polihet iz pogranicinâh soobşcestv pelaghiali i bentali Cernogo moria. *Dopovidi Naţionalnoi Akad. Nauk Ukraini*, **1**: 197-201.
Skolka, H., 1958. Câteva consideraţii asupra componenţei şi calităţii fitoplanctonului marin din dreptul litoralului românesc al Mării Negre, din anii 1955-1956. *Hidrobiologia*, **1**: 61-73.
Skolka, H. 1968. A propos de la répartition des algues macrophytes le long de la côte roumaine de la mer Noire. *Rev. Roum. Biol., Ser. Botanique*, **14**(6): 363-368.
Stăncescu, I. 1983. *Oceanele şi mările Terrei*. Ed. Albatros, Bucureşti. 279 pp.
Steemann Nielsen, E. 1960. Productivity of the Oceans. *Annual Review of plant physiology*, Vol. 11, Stanford (Calif.).
Summerhayes, C.P. şi Thorpe, S.A. 1996. *Oceanography. An Illustrated Guide*. Manson Publishing, London. 352 pp.
Surugiu, V. 1999. Consideraţii asupra etajării bentale din Marea Neagră. *Analele Universităţii "Ovidius" Constanţa, Seria Biologie-Ecologie*, anul III, vol. **3**: 133-148.
Surugiu, V., 2002. *Populaţii de polichete (Annelida) de la litoralul românesc al Mării Negre şi din lacurile litorale şi rolul lor ecologic*. Teză de doctorat, Univ. "Alexandru Ioan. Cuza" Iaşi, 277 pp.

Tait, R.V. 1970. *Elements of marine ecology: an introductory course.* Butterworths, London. 272 pp.
Thorson, G. 1955. Modern aspects of marine level bottom animal communities. *Journ. Mar. Res.*, **14**: 387-397.
Thorson, G. 1957. Bottom communities. *Mem. Geol. Soc. Amer.*, **67**(1): 461-534.
Tufescu, V. şi Tufescu, M. 1981. *Ecologia şi activitatea umană.* Ed. Albatros, Bucureşti. 406 pp.
Ţigănuş, V. 1978. Observations sur la structure qualitative et quantitative de la biocénose des moules de rocher du littoral roumain de la Mer Noire. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, **25**: 159-160.
Ţigănuş, V. 1981. Données quantitatives sur la faune pétricole de petite profondeur du littoral roumain de la Mer Noire. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, **27**(2): 157-158.
Ţigănuş, V. 1990. Evolution des Peuplements Macrobenthiques du substrat sableux sur le Littoral Roumain. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, **32**(1): 22.
Ţigănuş, V. 1991-1992. Fauna associated with the main macrophytae algae from the romanian Black Sea coast. *Cercetări marine*, **24-25**: 41-123.
Weber, P. 1994. Salvarea oceanelor. în L.R. Brown *Probleme globale ale omenirii*, Ed. Tehnică, Bucureşti, 64-90.
Younge, C.M. 1963. The Biology of Coral Reefs. în Russel F.S. (sub red.) *Advances in Marine Biology*. Vol. 1, 209-260.
Zaitsev, Yu.P. 1971. *Marine neustonology*. Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem, 207 pp.
Zaitsev, Yu.P. 1991. Cultural eutrophication of the Black Sea and other South European Seas. *La mer*, **29**(1): 1-7.
Zaitsev, Yu.P. 1992. Recent changes in the trophic structure of the Black Sea. *Fish. Oceanogr.*, **1**(2): 180-189.
Zaitsev, Yu. şi Mamaev, V. 1997. *Biological Diversity in the Black Sea. A Study of Change and Decline*. Black Sea Environmental Series, Vol. 3, UN Publications. 208 pp.
Zaitsev, Yu. şi Öztürk, B. (Eds.) 2001. *Exotic species in the Aegean, Marmara, Black, Azov and Caspian Seas*. Turkish Marine Research Foundation, Istanbul. 267 pp.
Zenkevich, L.A. 1951. *Moria SSSR. Ih fauna i flora.* Izd. Ucipedghiz, Moskva. 368 pp.
Zenkevich, L.A.. 1963. *Biologhia morei SSSR.* Izd. Akad. Nauk. SSSR, Moskva. 337 pp.
Zernov, S.A. 1913. K voprosu ob izucenii jizni Cernogo moria. *Zap. Imp. Akad. Nauk S.Pb.*, ser. 8, Fiz.-mat. otd-nie, **32**(1): 1-299.
* * * 1966. *Contributions roumaines à l'étude de la mer Noire.* Comm. d'Etat des Eaux de la R. S. Roumanie, Bucarest, 111 pp.

TIPARUL EXECUTAT LA
IMPRIMERIA EDITURII UNIVERSITĂȚII
„ALEXANDRU IOAN CUZA" DIN IAȘI
700511 Iaşi, Păcurari 9, tel./fax 0232 314947
Format: 70×100/16
Coli tipo: 14,50
Apărut: 2006
Comanda: 110

Informaţii şi comenzi:
www.editura.uaic.ro
editura@uaic.ro

BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

B.C.U. "M. EMINESCU" IAŞI

BCU IAŞI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Victor Surugiu

INTRODUCERE IN BIOLOGIA MARINĂ

Victor Surugiu s-a născut în 1971 la Chişinău, Republica Moldova. Studii la Universitatea „Alexandru Ioan Cuza" din Iaşi, Facultatea de Biologie, secţia Ecologie. Tot aici a urmat masteratul la specializarea Biodiversitate, Genetică şi Evoluţie.
După absolvirea studiilor, lucrează ca asistent de cercetare la Staţiunea Biologică Marină „Prof. Dr. Ioan Borcea" de la Agigea, apoi se înscrie la doctorat la specialitatea Zoologie cu teza *Populaţiile de Polichete (Annelida) de la litoralul românesc al Mării Negre şi din sistemul lagunar şi rolul lor ecologic*, susţinută în 2002. În prezent, este şef de lucrări şi titularul disciplinelor Biologie marină, Hidrobiologie şi Saprobiologie în cadrul aceleiaşi universităţi.
A efectuat numeroase stagii de specializare şi post-doctorale la Staţiunea de Biologie Marină de la Luc-sur-Mer (Franţa), la Centrul de Oceanografie din Southampton (Marea Britanie), la Universitatea din Lecce (Italia) şi la Institutul de Ecologie Aplicată al Universităţii Catolice de Vest din Angers (Franţa).

www.editura.uaic.ro

ISBN 973-703-111-3

Editura Universităţii „Alexandru Ioan Cuza" Iaşi

BCU IASI/CENTRUL VECHI LIBRARY